

# Bodemkwaliteit Op Zand: T nul meting bodem

Vaststellen uitgangssituatie door waarnemingen aan fysische, biologische-  
en chemische bodemparameters

J. Visser, J.R. van der Schoot, G. Korthals & J. de Haan

© 2014 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroenten

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO-nummer: 614

Dit project is gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken, Stichting Proef & Selectie (P&S, ZLTO) en Stichting Onderzoek Proefbedrijven (STOP, LLTB)

Projectnummer: 3250204212

**Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR  
Business Unit Akkerbouw, Groene ruimte en vollegrondsgroenten**

Adres : Postbus 430, 8200 AK Lelystad  
: Edelhertweg 1, 8219 PH Lelystad  
Tel. : +31 320 291 111  
Fax : +31 320 230 479  
E-mail : [infoagv.ppo@wur.nl](mailto:infoagv.ppo@wur.nl)  
Internet : [www.ppo.wur.nl](http://www.ppo.wur.nl)

# Inhoudsopgave

pagina

1	INLEIDING.....	5
1.1	Project Bodemkwaliteit op zandgrond .....	5
1.2	Doelstelling Tnul bemonstering.....	7
1.3	Parameters.....	7
2	METHODEN EN UITVOERING .....	9
2.1	Selectie meetpercelen/plots .....	9
2.2	Grondbemonstering 2011.....	11
2.3	Bemonstering fysische parameters.....	12
2.4	Analyses.....	15
2.4.1	Plantparasitaire aaltjessoorten (PPO agv) .....	15
2.4.2	Milieu-aaltjes (BLGG Agroxpertus, Harm Keidel) .....	15
2.4.3	Microbiologische parameters (Jaap Bloem, Alterra).....	16
2.4.4	Chemische bodemvruchtbaarheidsanalyse (BLGG Agroxpertus) .....	17
2.4.5	Fysische bodemparameters (Bert Vermeulen, PRI) .....	17
2.5	Statistische analyse.....	17
3	RESULTATEN EN DISCUSSIE.....	19
3.1	Plantparasitaire aaltjessoorten .....	19
3.2	Milieu-aaltjes .....	21
3.3	Microbiologische parameters .....	24
3.4	Chemische parameters.....	26
3.5	Fysische bodemparameters .....	31
3.5.1	Indringingsweerstand.....	31
3.5.2	Bodemtemperatuur .....	32
3.5.3	Bodemvocht .....	37
3.5.4	Bulkdichtheid en vochtkarakteristiek .....	39
4	CONCLUSIES .....	43
	BIJLAGE 1. OVERZICHT PERCELEN BODEMKWALITEIT OP ZAND.....	45
	BIJLAGE 2. VOCHTGEHALTE PER BEHANDELING EN DIEPTE ERWT EN PREI.....	49
	Bijlage 2a. Erwt .....	50
	BIJLAGE 2B PREI.....	51
	BIJLAGE 3 LITERATUUR .....	53
	Milieu-aaltjes .....	53
	Microbiologische parameters.....	53



# 1 Inleiding

## 1.1 Project Bodemkwaliteit op zandgrond

In 2011 is op PPO locatie Vredepeel het project Bodemkwaliteit op Zand (BKZ) gestart. Het project Bodemkwaliteit op Zandgrond richt zich op de ontwikkeling van maatregelen voor een duurzaam bodembeheer op zandgronden op gebied van organisch stofbeheer en grondbewerking.

Het project is een vervolg op het bedrijfssystemenonderzoek dat in de projecten Telen met Toekomst (Tmt, 2001-2004) en Nutriënten Waterproof (NWP 2005-2009) is uitgevoerd.

In 2001 is gestart met de aanleg van twee geïntegreerde (gangbare) bedrijfssystemen opgenomen en één biologisch systeem. De twee geïntegreerde bedrijfssystemen (GI) betroffen:

1. GI-Hoog: voldoende aanvoer van organische stof naar de bodem, op peil houden van de bodemmineralisatie en fosfaatevenwichtsbemesting (fosfaataanvoer gelijk aan fosfaatafvoer). Aanvoer met drijfmest, aanvoer van 1500 kg/ha effectieve organische stof (EOS)
2. GI-Laat: verlagen bodemmineralisatie door minimale aanvoer van organische stof en versnelde afname van de fosfaatvoorraad in de bodem door minder fosfaat aan te voeren dan er wordt afgevoerd. Bemesting met kunstmest en mineralenconcentraat, aanvoer van 800 kg/ha EOS

In GI-Laat werd beoogd door de bodemmineralisatie te verminderen en de bemesting volledig te sturen met kunstmest, de nitraatuitspoeling te verminderen. In het biologisch systeem is uitsluitend organische mest gebruikt.

In het Biologisch systeem (*B/O*) wordt bemest met vaste mest en drijfmest, aanvoer van 2750 kg/ha EOS.

Daarnaast worden binnen de drie systemen twee grondbewerkingsstrategieën aangelegd: een niet-kerende grondbewerkingsstrategie (NKG, woelen en cultivateren) wordt vergeleken met ploegen.

Beide teeltsystemen (biologisch en geïntegreerd) bestaan uit meerdere percelen (zie bijlage 1). Vanaf 2011 worden op elk perceel twee type grondbewerking (kerend of niet kerend) en op twee percelen twee composttoepassingen (wel of geen extra compostgift) uitgevoerd; in vier herhalingen.

Door de twee bemestingsstrategieën in het geïntegreerde systeem zijn de geïntegreerde percelen nog verder op te splitsen in een deel met een hoog (alleen organische mest toegepast) en een deel met een laag (alleen bemest met kunstmest) organisch stof niveau.

Binnen elk teeltsysteem zijn twee percelen geselecteerd om de uitgangssituatie van de bodem te meten; de T nul bemonstering.

Tabel 1. **Historie van de percelen.**

jaar	project	systemen
2001 – 2003	Telen met toekomst (Tmt)	Biologisch Geïntegreerd - Hoog OS Geïntegreerd –Laag OS
2004	Overgangsjaar	
2005 - 2009	Nutriënten Waterproof (NWP)	Biologisch Geïntegreerd - Hoog OS Geïntegreerd –Laag OS
2010	Overgangsjaar	
2011- heden	Bodemkwaliteit op zandgrond (BKZ)	Biologisch – Ploegen – geen compost Biologisch – Ploegen – extra compost (2 percelen) Biologisch – NKG – geen compost Biologisch – NKG – extra compost (2 percelen)  Geïntegreerd - Hoog OS – Ploegen – geen compost Geïntegreerd - Hoog OS – Ploegen – extra compost (2 percelen) Geïntegreerd - Hoog OS – NKG – geen compost Geïntegreerd - Hoog OS – NKG – extra compost (2 percelen)  Geïntegreerd - Laag OS – Ploegen – geen compost Geïntegreerd - Laag OS – Ploegen – extra compost (2 percelen) Geïntegreerd - Laag OS – NKG – geen compost Geïntegreerd - Laag OS – NKG – extra compost (2 percelen)

De vruchtopvolging op deze percelen, voorafgaand aan BKZ is weergegeven in tabel 2. In het project BKZ wordt vanaf 2011 een 6-jarige vruchtwisseling uitgevoerd: 1. aardappel – 2. conservenerwt + gras (GI) of grasklaver (BIO) – 3. prei – 4. zomergerst + groenbemester – 5. suikerbieten (GI) of peen (BIO) – 6. maïs + groenbemester.

Tabel 2. **Vruchtopvolging percelen BodemKwaliteit op Zand.**

Jaar	Biologisch		Geïntegreerd	
	<i>Perceel 34.1 (a,b)</i>	<i>Perceel 34.2(a,b)</i>	<i>Perceel 18</i>	<i>Perceel 27</i>
2005	Luzerne	Aardappel + luzerne	Triticale	Aardappel
2006	A: prei, B: broccoli	luzerne	Lelie	Triticale
2007	A: broccoli, B; gerst	Prei	Erwt + prei	Lelie
2008	Broccoli	Korrelmaïs	snijmaïs + j. haver	Erwt + prei
2009	zomergerst + j. haver	broccoli + j. haver	suikerbiet	snijmaïs + j. haver
2010	aardappel + gras	zomergerst + j. haver	aardappel	suikerbiet
2011	Erwt + gras-klaver	Aardappel + Jap. haver	Erwt + gras	Aardappel
2012	Prei	Erwt + gras-klaver	Prei	Erwt + gras

## 1.2 Doelstelling T<sub>nul</sub> bemonstering

Doelstelling van de T nul bemonstering is om met een groot aantal chemische, fysische en biologische waarnemingen de uitgangssituatie vast te leggen. Deze waarnemingen zullen een afspiegeling vormen van de voorgeschiedenis (gewasrotatie, bemesting, grondbewerking,.....etc.) Wanneer er later wederom metingen worden verricht kan worden beoordeeld of de binnen het project onderzochte factoren (teeltsysteem, grondbewerking en composttoediening) effect hebben gehad.

Dit rapport richt zich op het beschrijven van de T-nul meting van een aantal biologische, chemische en fysische parameters.

## 1.3 Parameters

In het KennisBasis project *Bodem in Breder Perspectief* worden binnen een aantal grote veldproeven metingen uitgevoerd om de bodemkwaliteit vast te stellen. Op basis van kennis en ervaring vanuit dit KB-project zijn de parameters geselecteerd om de T nul situatie op de percelen van het project Bodemkwaliteit Op Zand vast te stellen. Chemische, fysische- en (micro) biologische bodemparameters zijn gemeten en de samenstelling van de populatie van plantparasitaire en niet-plant parasitaire aaltjessoorten is bepaald.

- plantparasitaire aaltjessoorten:  
Besmettingen met plant parasitaire aaltjes kunnen een groot effect hebben op de opbrengst en kwaliteit van de gewassen. Het besmettingsniveau van de belangrijkste plantparasitaire aaltjessoorten, wortelknobbel-, wortellesie- en vrijlevende aaltjes, wordt bepaald.
- Milieuaaltjes:  
In 100 gram grond bevinden zich enkele duizenden aaltjes. Dit zijn aaltjessoorten die zich aan planten voeden of andere voedselbronnen hebben. Op basis van de voornaamste voedselbronnen worden functionele groepen onderscheiden; bacterie-eters (bacterivore), schimmel-eters (fungivore), carnivoren en alles-eters (omnivore). En plant parasitaire aaltjessoorten, soorten die zich aan planten voeden en daardoor schadelijk kunnen zijn voor gewassen. Het is belangrijk te realiseren dat de niet plantparasitaire aaltjes een belangrijke rol hebben voor het functioneren van belangrijke bodemprocessen en dat ze bijdragen aan de nutriëntenkringlopen, de structuurvorming maar ook de bodemweerbaarheid. Het aantal soorten, de samenstelling van de verschillende voedselgroepen en de verhouding tussen de voedselgroepen wordt beïnvloed door omgevingsfactoren als bodemtype, beschikbaarheid van voedsel, gewassen en geeft informatie over de bodem(kwaliteit). (zie ook 2.4.2)
- Microbiologische bodemkarakteristieken:  
Het bodemleven is de motor voor belangrijke processen die in de bodem plaats vinden en heeft daardoor invloed op o.a. de gewasgroei . Zo stuurt het bodemleven de mineralisatie en afbraak van organische stof, wat nauw verbonden is met de beschikbaarheid van nutriënten. Verder spelen bacteriën en schimmels een hele belangrijke rol bij het vormen van bodemaggregaten, en dus voor een goede bodemstructuur. Hiernaast is een divers en actief bodemleven verantwoord voor de algemene bodemweerbaarheid dus het vermogen van de bodem plantenziektes te onderdrukken. Een aantal microbiologische aspecten zijn bepaald:
  - Schimmel biomassa; bodemschimmels zijn belangrijk voor nutriënten-kringloop, moeilijk afbreekbare organische stof (o.a. lignine), structuur van de bodem en zijn gevoelig voor grondbewerking
  - Bacteriële biomassa; bacteriën zijn zeer belangrijk voor de bodem/bodemprocessen. Spelen o.a. een rol bij de nutriënten-kringloop en structuur van de bodem.

- Potentiele° C. mineralisatie; de potentiele° C mineralisatie is een maat voor de activiteit (ademhaling) van het bodemleven
  - Hot water extractable° C (HWC); is een onderdeel van de totale organische stof en is een maat voor gemakkelijk afbreekbare (labiele) organische koolstof. HWC bestaat voor een groot deel uit polysacchariden (mucigel, slijm) die voornamelijk zijn uitgescheiden door micro-organismen en in mindere mate door plantenwortels. Deze verbindingen werken als kit (lijm) bij de vorming van micro-aggraten die bijdragen aan een goede kruimelige bodemstructuur.
  - Potentiele N mineralisatie; is een maat voor de stikstof die in de weken na de monsternamen netto vrij komt voor het gewas.
- Chemische bodemkarakteristieken (chemische bodemvruchtbaarheid)
- De bodemvruchtbaarheid wordt bepaald door de chemische, fysische en biologische eigenschappen. De chemische bodemvruchtbaarheid wordt bepaald door de aanwezige minerale voedingsstoffen. De beschikbaarheid van minerale voedingsstoffen kan met behulp van (kunst) mest worden gestuurd en zo op het gewenste niveau worden gebracht. Met betrekking tot de chemische bodemvruchtbaarheid zijn een aantal aspecten bepaald:
- aantal fysische eigenschappen zoals zuurgraad, klei-humus complex (CEC) en lutumgehalte van de bodem zijn bepaald
  - concentraties van mineralen/nutriënten zijn gemeten (stikstof, kali, fosfaat, zwavel, magnesium, natrium en calcium).
- Fysische bodemkarakteristieken
- Naast de hierboven genoemde chemische bodemvruchtbaarheid zijn ook fysische grootheden als dichtheid, vocht en lucht sterk bepalend voor plantengroei. De volgende aspecten zijn bepaald:
- De dichtheid van de bodem (bulkdichtheid en indringingsweerstand)
  - De volumefracties water en lucht
  - De bodemtemperatuur gedurende een groeiseizoen in de bouwvoor
  - Het aanwezige bodemvocht gedurende een groeiseizoen in de bouwvoor



## 2 Methoden en Uitvoering

### 2.1 Selectie meetpercelen/plots

Per teeltsysteem, biologisch of geïntegreerd, zijn twee meet-percelen geselecteerd (tabel 3). Op de percelen worden twee type grondbewerking uitgevoerd, kerend of niet kerend met dwars op de bewerkingsrichting stroken van 18 meter breed waarop wel of geen extra compostgift wordt uitgevoerd. Per type grondbewerking is de behandeling “compost” in vier herhalingen aangelegd (zie bijlage 1). Jaarlijks (medio maart) wordt op deze compost-stroken 10 ton/ha natuurcompost (Attero) uitgereden.

- Op de **biologische percelen (34.1 en 34.2)** zijn per perceel 16 meet-plots van 15 x 18 meter aangelegd; grondbewerking (2) x extra compost (2) x vier herhalingen.
- De **geïntegreerde percelen (18.1, 18.2, 27.1 en 27.2)** zijn op te splitsen in een helft met een hoog en een helft met een laag organisch stofniveau. Deze twee organisch stofniveaus zijn ontstaan door twee bemestingsstrategieën die, tussen 2001 en 2010 in de projecten Telen met Toekomst en Nutriënten Waterproof zijn uitgevoerd. Een deel van het perceel is bemest met alleen organische mest (organisch stofniveau HOOG) en het andere deel alleen met kunstmest (organisch stofniveau LAAG). Op elk van deze perceel zijn 32 meet-plots (15 x 18m) aangelegd; organisch stofniveau (2) x grondbewerking (2) x extra compost (2) x vier herhalingen.

Tabel 3. **Gegevens percelen T nul bemonstering. De vetgedrukte objecten zijn gebruikt voor het vaststellen van de T nul situatie op de percelen.**

Teeltsysteem	perceel	Org. stofniveau	grondbewerking	Extra compost
Biologisch	34.1 (a)	n v t	Ploegen	Ja
	<b>34.1 (a)</b>	<b>n v t</b>	<b>Ploegen</b>	<b>Nee</b>
	34.1 (b)	n v t	Niet-kerend	ja
	<b>34.1 (b)</b>	<b>n v t</b>	<b>Niet-kerend</b>	<b>Nee</b>
	34.2 (a)	n v t	Niet-kerend	Ja
	<b>34.2 (a)</b>	<b>n v t</b>	<b>Niet-kerend</b>	<b>Nee</b>
	34.2 (b)	n v t	ploegen	Ja
	<b>34.2 (b)</b>	<b>n v t</b>	<b>ploegen</b>	<b>Nee</b>
Geïntegreerd	18.1 (a)	hoog	Ploegen	Ja
	<b>18.1 (a)</b>	<b>hoog</b>	<b>ploegen</b>	<b>Nee</b>
	18.1 (b)	hoog	Niet-kerend	Ja
	18.1 (b)	hoog	Niet-kerend	nee
	18.2 (a)	Laag	Niet-kerend	Ja
	18.2 (a)	Laag	Niet-kerend	Nee
	18.2 (b)	Laag	Ploegen	Ja
	<b>18.2 (b)</b>	<b>Laag</b>	<b>ploegen</b>	<b>Nee</b>
	27.1 (a)	hoog	Niet-kerend	Ja
	27.1 (a)	hoog	Niet-kerend	Nee
	27.1 (b)	hoog	Ploegen	Ja
	<b>27.1 (b)</b>	<b>hoog</b>	<b>ploegen</b>	<b>Nee</b>
	27.2 (a)	Laag	Ploegen	Ja
	<b>27.2 (a)</b>	<b>Laag</b>	<b>ploegen</b>	<b>Nee</b>
	27.2 (b)	Laag	Niet-kerend	Ja
	27.2 (b)	Laag	Niet-kerend	nee

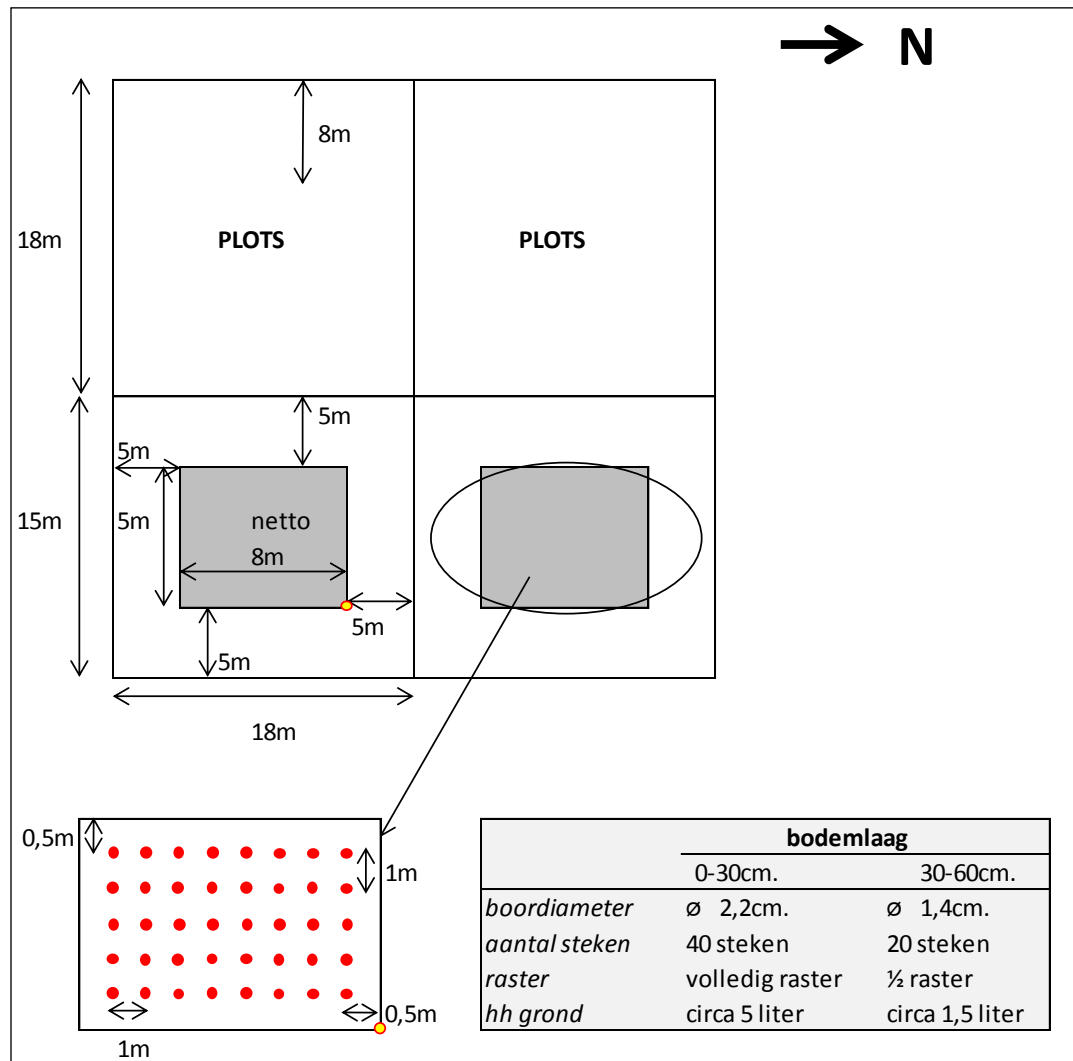
Om budgettaire redenen was het niet mogelijk om op alle plots een T-nul bemonstering uit te voeren. De behandelingen “grondbewerking” en “compostgift” in zowel de biologische als geïntegreerde systemen zijn op het moment van de T-nul bemonstering nog niet uitgevoerd. De

uitgangssituatie is voor alle plots binnen een teeltsysteem en organisch stof niveau vergelijkbaar. Voor het vaststellen van de T-nul situatie van de percelen is daarom gekozen om grond van een selectie van plots te gebruiken voor T-nul analyses (zie tabel 3, vetgedrukte objecten).

- Op de biologische meet-percelen zijn in alle 32 plots de laag 0-30 en 30-60 cm bemonsterd. Aan een sub set van 16 monsters (de plots zonder extra compost, de laag 0-30 cm) zijn de analyses voor de T-nul meting uitgevoerd. De overige monsters, inclusief een sub-monster van de 16 geselecteerde plots, zijn ingevroren en worden bij min 18°C bewaard.
- Op de geïntegreerde percelen zijn alleen in de plots met de standaard grondbewerking (ploegen) zonder extra composttoepassing de laag 0-30 en 30-60 cm bemonsterd. De 16 monsters van de laag 0 – 30 cm worden gebruikt voor de T-nul analyses. De overige monsters, inclusief een submonster van de 16 geselecteerde monsters, zijn ingevroren en worden bij min 18°C bewaard.

## 2.2 Grondbemonstering 2011

Op de biologische percelen is op 1 maart 2011 de grondbemonstering uitgevoerd. In het geïntegreerde systeem zijn de percelen op 14 (laag 0-30 cm) en 31 maart (laag 30-60 cm) bemonsterd. Per plot is uit de laag 0-30 cm circa 5 kg verzameld en uit de 30-60 cm 1,5 kg grond. De monsters zijn volgens het hieronder afgebeelde raster gestoken (zie afb. 1). De laag 0-30 cm is bemonsterd met een boor met een diameter van 2,2 cm. Per plot is de grond van 40 steken verzameld. In de laag 30-60 cm zijn 20 steken met een 1,4 cm boor genomen. De monsters zijn tot het moment van verwerking bij 4°C bewaard.



Afbeelding 1. **Situatieschets T-nul bemonstering Bodemkwaliteit op Zand.**

Op 31 maart is de grond van de monsters die geselecteerd zijn voor T-nul analyses gemengd (PPO protocol 23.1.4.2) en zijn er submonsters voor analyses op plantparasitaire- en milieuaaltjes en chemische en biologische parameters genomen. Het restant van deze monsters en de overige grondmonsters zijn opgeslagen bij min 18°C (zie tabel 4).

Tabel 4. **Overzicht submonsters voor de diverse bodemanalyses, T nul meting Bodemkwaliteit op Zand, Maart 2011 Vredepeel.**

Bepaling	hoeveelheid grond	Organisatie
Plant parasitaire aaltjes	500 gram	PPO-agv
Milieuaaltjes incl. biomassa	500 gram	Blgg
biomassa schimmels	1 kg	Alterra
biomassa bacteriën		Alterra
pot. N mineralisatie		Alterra
pot. °C mineralisatie		Alterra
Hot Water extractable °C		Alterra
Chemische bodemkarakteristieken	2 x 500 gram	Blgg
Invriezen	500 -1000 gram	PPO-agv

## 2.3 Bemonstering fysische parameters

Het vochtgehalte en de bodemtemperatuur zijn in het gewas erwt gemeten in de maanden april, mei en juni 2012. In de periode september tot en met december 2012 is in de teelt van prei het vochtgehalte gevolgd. Vanwege de mechanische onkruidbestrijding in biologische teelt is het vochtgehalte niet bepaald vanwege de daarvoor benodigde kabels. Op 30 mei (erwt) en 8 november (prei) is de indringingsweerstand bepaald en zijn ringen gestoken. Omdat de prei al was geoogst zijn er geen ringmonsters gestoken in de biologische prei. Zie details tabel 5.

De bodemtemperatuur en bodemvocht is vanuit Vredepeel gemeten;

- Bodemtemperatuur met temperatuurvoelers, gedraad met datalogger (Grant squirrel meter/logger) in de geïntegreerde percelen en draadloos met kleine sensor met dataopslag (MicroLab lite) in de biologische percelen. De voelers zijn op de desbetreffende diepte in de bodem gebracht na de hoofdgrondbewerking. Plaatsing zodat er met mechanische bewerkingen (onkruidbestrijding) geen hinder is ondervonden.
- Het bodemvocht is continu gemeten met Decagon 10HS Soil Moisture vochtsensoren met Ech2O software in de geïntegreerde percelen.

De metingen zijn niet alle objecten continu uitgevoerd. Storingen in de apparatuur zijn af en toe opgetreden. Met de analyse van de metingen is hiermee rekening gehouden. Om continue reeksen aan te houden zijn in een aantal gevallen de ontbrekende waarden ingeschat. In de teelt van prei is door de mechanische onkruidbestrijding een logger geraakt, waardoor van het object ploegen/mineralenconcentraat geen data zijn verzameld.

De indringingsweerstand is gemeten van 0-60 cm met een penetrologger 06.15SA geleverd door Eijkelkamp. De kegelvormige punt of 'conus' is Nr. 1 gebruikt met een nominale diameter van 11.28 mm. Van alle gemeten veldjes zijn 10 waarnemingen gedaan.

De bodemdichtheidsmeting is gedaan in 4 ringen per laag op 5-10 cm, 20-25 cm en 40-45 cm diepte in alle herhalingen. De ringen zijn gestoken van boven naar beneden met de drie lagen na elkaar bemonsterd om de bodem niet te verstoren.

Tabel 5. **Objecten 2012 en metingen.**

Perceel	Gewas	Systeem	Meststof	Grond- bewerking	Metingen			
					Indringings weerstand	ringen	vocht	temp
27.1a	Erwt	GI-hoog	DM+KM	Niet kerend	op 30 mei op 0-60 cm diepte	op 30 mei op een diepte van 10-15 cm en 30- 15 cm	van 7 april tot 21 juni op 15, 30 en 40 cm diepte; BIO niet gemeten	van 3 april tot 19 juni op 5 en 10 cm diepte
27.1b	Erwt	GI-hoog	DM+KM	Ploegen				
27.2a	Erwt	GI-laag	MC+KM	Ploegen				
27.2b	Erwt	GI-laag	MC+KM	Niet kerend				
34.2a	Erwt	BIO	VM+DM	Niet kerend				
34.2b	Erwt	BIO	VM+DM	Ploegen	op 8 november op 0-60 cm diepte	op 8 november op diepte van 10-15 cm en 30- 15 cm	van 5 sep tot 2 jan 2013 op een 15, 30 en 40 cm diepte	
18.1a	Prei	GI-hoog	DM+KM	Ploegen				
18.1b	Prei	GI-hoog	DM+KM	Niet kerend				
18.2a	Prei	GI-laag	MC+KM	Niet kerend				
18.2b	Prei	GI-laag	MC+KM	Ploegen				

In onderstaande tabel staan de belangrijkste teeltgegevens.

Tabel 6. **Teeltgegevens 2012.**

	GI	GI	BIO	BIO	GI	GI	BIO	BIO
Perceel	27.1b	27.1a	34.2a	34.2b	18.1a	18.1b	34.1a	34.1b
	27.2a	27.2b			18.2b	18.2a		
Voorvrucht								
Hoofdgewas	aard		aard		gras	gras	grasklaver	
Groenbemester	zg		japanse haver					
Gewas	erwt	erwt	erwt	erwt	prei	prei	prei	prei
Volggewas	gras	gras	gras	gras				
Bewerkingen								
Organische bemesting								
20 ton MDM	7-mrt	7-mrt						
10 ton RDM			13-mrt	13-mrt				
Stoppelbewerking								
Klepelen groenbemester 2011			12-dec	12-dec				
Inwerken gbm 2011; Ondiep met VSS Agro			9-mrt	9-mrt				
Inwerken meststoffen; Smaragd; lostrekken + vlak leggen			14-mrt	14-mrt				
graszone ingewerkt met 2x Dutzi hakenfrees					28 en 29 juni			
klepelen plus inwerken met Dutzi hakenfrees							5-jun	5-jun
Dutzi hakenfrees en smaragd							11-jun	11-jun
Smaragd							18-jun	18-jun
Hoofdgrondbewerking								
Ploegen (25 cm) met woelers en vorenpakker	15-mrt		14-mrt					
Ploegen					29-jun		21-jun	
Vaste tand cultivator (Evers) (15 cm)		15-mrt		14-mrt		2-jul		
Agrisem cultivator en rotorkopeg								23-jun
Smaragd						2-jul		
Zaaien planten								
Zaaibedcombinatie (rotorkopeg)	16-mrt	16-mrt	16-mrt	16-mrt				
Rotorkopeg					3-jul	3-jul	27-jun	27-jun
gaten ponsen en planten					3-jul	3-jul	27-jun	27-jun
Onkruidbestrijding								
chemisch	2x	3x			4x	4x		
eggen m.b.v. neteg			5x	5x				
3x eggen; 7x schoffelen + vingerwieden; 1x aanaardend schoffelen							11x	11x
vingerwieden					20-jul en 9-aug			
Beregening								
25-20 mm					16-aug	16-aug	geen	geen
Oogst	26-jun	26-jun	22-jun	22-jun				
Stoppelbewerking								
Dutzi hakenfrees	26-jun	26-jun	23 en 28 jun					
Inzaaien gras (Multigras 3)	29-jun	29-jun						
Inzaai 5 kg/ha witte klaver (Alice) + 20 kg/ha Engels raaigras (Herbie)			29-jun	29-jun				
Rollen	24-aug	24-aug						

## 2.4 Analyses

De analyses van de grondmonsters zijn door verschillende laboratoria uitgevoerd. Analyse op plantparasitaire aaltjes is uitgevoerd door PPO- agv. BLGG Agroxpertus heeft de analyses op chemische bodemvruchtbaarheid en milieuaaltjes uitgevoerd. Microbiologische parameters zijn door Alterra geanalyseerd. De verzamelde data van de indringingsweerstand, de bodemtemperatuur en bodemvocht zijn bewerkt door PPO. De bulkdichtheid en het percentage vocht en lucht bij pF 2 aan de gestoken ringmonsters zijn bepaald door PRI.

### 2.4.1 Plantparasitaire aaltjessoorten (PPO agv)

De monsters zijn gesubmonsterd en aan het 100 ml submonster is de samenstelling van de aaltjesbesmetting bepaald. Het 100 ml grondmonster is over een 180 µm zeef gespoeld. De nematoden in de opgevangen suspensie (<180 µm) zijn vervolgens opgespoeld met een Oosterbrink trechter. De op de zeef achtergebleven grond en organisch materiaal (> 180 µm) is vier weken geïncubeerd bij 20°C om aanwezige eieren af te rijpen en aaltjes uit de wortels te laten komen. Per monster is een determinatie tot op soort uitgevoerd voor de families Meloidogynae, Pratylenchidae en Trichodoridae.

De grondmonsters zijn niet geanalyseerd op besmetting met cysten. Het aantal vrij in de grond aanwezige Heterodera larven (larven van aardappel- en bietencysteaaltjes) wordt wel bepaald.

### 2.4.2 Milieuaaltjes (BLGG Agroxpertus, Harm Keidel)

De analyse op milieuaaltjes; de samenstelling van de totale nematode populatie (plant parasitaire en niet-plant parasitaire aaltjes) is uit gevoerd door het Blgg Agroxpertus (Harm Keidel). Submonsters van 500 ml zijn opgestuurd naar Blgg Agroxpertus Wageningen voor analyse. Van elk monster is 100 ml grond gebruikt voor het nematodenonderzoek. Het gewicht van deze 100 ml is bepaald met een bovenweger. De nematoden zijn gescheiden van de grond met de Oostenbrinktrechter. Deze beproefde methode werkt volgens het principe dat in een vloeistofkolom gronddeeltjes sneller zakken dan nematoden ('s Jacobs & Van Bezooijen, 1986). Vervolgens zijn van elk mengmonster in 10 ml suspensie alle nematoden geteld. Deze telling is in duplo uitgevoerd. Bij een afwijking van meer dan 10% is het monster opnieuw geteld. Het gemiddelde van deze tellingen is gebruikt om de aantallen per 100 g grond te berekenen. De monsters zijn gefixeerd met formaline. Van elk monster zijn 2 preparaten gemaakt. In elk preparaat zijn met een lichtmicroscop circa 75 nematoden in willekeurige volgorde gedetermineerd en is de biomassa bepaald. De biomassa is bepaald door per gedetermineerde nematode de maximale lengte en breedte te meten. Met de formule van Andrassy kan dan de biomassa worden bepaald. De metingen zijn uitgevoerd met het programma Leica Q-win. Voor de naamgeving is het boek van Bongers (1988) aangehouden. In een aantal gevallen zijn de nieuwe inzichten gevolgd aan de hand van artikelen. De procentuele verhouding van de taxa in de preparaten is gebruikt om de absolute aantallen per 100 g grond te berekenen. De volgende resultaten zijn bepaald:

- totale aantallen nematoden per 100 g grond;
- Aantallen individuen per taxon per 100 g grond;
- Maturity Index volgens Bongers (1990);
- Verdeling over de trofische groepen volgens Yeates et al. (1993);
- Per monster de biometrie (lengte, breedte, massa) van 150 gedetermineerde specimen.

De nematode worden ingedeeld in trofische groepen; bacterie-etters, schimmel-etters, algen-etters, herbivoren, omnivoren en carnivoren. Binnen een trofische groep kunnen de nematoden weer onderverdeeld worden in colonizer-persister groepen (cp-klassen, 1 t/m 5). Nematodensoorten in een cp klasse reageren vergelijkbaar op veranderingen in de bodem. Cp1 nematoden reageren snel op veranderingen in bodem en voedselaanbod. Cp5 nematoden zijn zeer gevoelig voor veranderingen. Een hoog aantal nematoden van Cp5 duidt op een stabiele (minder verstoorde) bodem (Ferris, Bongers, 2009).

Op basis van de verhouding tussen de verschillende trofische groepen en cp-klassen zijn indices te berekenen die een indicator zijn voor de conditie van de bodem, het bodem voedselweb (Ferris et al, 2001).

- Maturity Index (MI): wordt berekend op basis van de aantallen niet plant parasitaire aaltjessoorten en is een indicator voor de verstoring/stabiliteit van de bodem. Een lage waarde (1) wijst op een verstoorde en verrijkte bodem. Een hoge MI waarden duiden op een stabiele (rijpe) bodem. Landbouwgronden, waarbij het bodemleven wordt verstoord als gevolg van o.a. grondbewerking en bemesting, hebben een MI van circa 2. In landbouwsystemen, die meestal nutriënten-rijk zijn, overheersen nematoden die behoren tot de cp-1 klasse. Bij het bepalen van  $MI_{2.5}$  wordt deze groep buiten de berekening gelaten.
- Channel Index (CI): De CI geeft de verhouding weer tussen de schimmel- en bacterie gemeenschap in relatie tot de afbraak van organisch materiaal. Een waarde van 100 betekend dat de afbraak volledig schimmel en schimmel-eters gedomineerd is. Bij waarden die naar 0 gaan nemen bacteriën en bacterie-eters een belangrijkere rol in.
- Enrichment Index (EI): gebaseerd op snel groeiende bacterie- en schimmel etende nematoden uit de cp-klasse 1 en 2. Voedselweb is verrijkt als er verstoring optreedt en er meer voedsel(bronnen) beschikbaar komt. De microbiële activiteit is hoog en met name bacterie-eters, die sterk reageren op verrijking van de bodem, nemen toe.
- Structure Index (SI): gebaseerd op traag groeiende en reproducerende carnivore en omnivore nematoden met een hoge cp-waarde (3 tot 5) Voedselweb heeft meer structuur als voedselbronnen overvloediger zijn of wanneer er herstel van stress optreedt.
- Basal Index (BI): gebaseerd op bacterie- en schimmel etende nematoden uit cp-klasse 2. Relatieve aandeel cp-2 nematoden ten opzichten van de totale nematoden populatie. Systeem wordt basaal genoemd als EI en SI beide laag zijn.

### 2.4.3 Microbiologische parameters (Jaap Bloem, Alterra)

De biologische parameters zijn geanalyseerd door Alterra (Jaap Bloem). Een submonster van circa 1000 gram is gebruikt voor analyse van;

Bacteriële biomassa. De totale biomassa van de bacteriële gemeenschap wordt berekend uit metingen aan de aantallen en afmetingen van bacteriecellen en wordt uitgedrukt in  $\mu\text{g}^\circ \text{C}$  per gram droge grond. Het totale aantal bacteriën en de afmetingen van de cellen zijn bepaald door middel van directe microscopische tellingen, na kleuring met fluorescerende verbindingen (Bloem et al., 1995a; Bloem & Vos, 2004). Deze metingen werden gedaan met een confocale laser-scan microscoop en automatische beeldverwerking (Bloem et al., 1995b). Uit het aantal en volume van de cellen werd de bacteriële biomassa berekend en uitgedrukt in  $\mu\text{g}^\circ \text{C g}^{-1}$  droge grond.

Schimmelbiomassa. De totale hoeveelheid schimmeldraden (hyfen) in de grond werden bepaald door de lengte te meten onder de microscoop. De lengte werd vervolgens omgerekend naar een hoeveelheid koolstof en de schimmelbiomassa werd uitgedrukt in  $\mu\text{g}^\circ \text{C g}^{-1}$  droge grond. Actieve schimmels werden onderscheiden door een specifieke kleuring van DNA en RNA met een rode fluorescerende kleurstof (actief groeiende hyfen bevatten veel RNA; bij inactieve schimmels zijn alleen de blauw gekleurde celwanden te zien).

Potentiële C en N mineralisatie werden bepaald door monsters van 200 g gehomogeniseerde en gezeefde ( $< 5\text{mm}$ ) grond te incuberen in luchtdichte potten bij  $20^\circ\text{C}$  (Bloem et al., 1994). Tussen week 1 en week 6 werden de concentraties  $\text{O}_2$  en  $\text{CO}_2$  in de headspace van de potten regelmatig gemeten met een gaschromatograaf. Als het  $\text{O}_2$  gehalte was gedaald tot ongeveer 10% werden de potten geventileerd na de metingen. De ademhaling werd berekend uit de verschillen in  $\text{CO}_2$  concentratie tussen week 1 en week 6. De resultaten van de eerste week werden niet gebruikt om effecten van het zeven en mengen te vermijden. De potentiële N mineralisatie werd bepaald met grond uit dezelfde potten. De toename in minerale N tussen week 1 en week 6 werd gebruikt om N mineralisatiesnelheden te berekenen. Minerale N



werd geëxtraheerd met 1M KCl, en  $\text{NH}_4$  en  $\text{NO}_3$  werden via een kleurreactie gemeten met een auto-analyzer. De potentiële C mineralisatie werd berekend uit de en  $\text{CO}_2$  productie

Hot Water extractable Carbon (HWC) werd gemeten als de hoeveelheid opgeloste koolstof na incubatie van 4 gram grondmonster in 30 ml heet water gedurende 16 uren bij 80°C (Ghani et al., 2003). Dit is een maat voor de gemakkelijk afbreekbare (labiele) organische koolstof.

#### 2.4.4 Chemische bodemvruchtbaarheidsanalyse (BLGG Agroxpertus)

Per plot zijn twee submonsters van 500 gram door BlggAgroxpertus geanalyseerd. Aan één submonster zijn stikstofbepalingen uitgevoerd. Het tweede monster is gebruikt voor een standaard bodemvruchtbaarheidsanalyse (analyse pakket Basis Akkerbouw).

#### 2.4.5 Fysische bodemparameters (Bert Vermeulen, PRI)

De grond in de 100 cc ringmonsters is eerst op veldcapaciteit (pF2) gebracht waarna het vochtvasthoudend vermogen (gewichtsperscentage water op basis van droge grond) en de volumeverdeling van de fasen grond, water en lucht over het totale bodemvolume werd bepaald. Met behulp van de weeggegevens werd ook het volumegewicht (bulkdichtheid; droge grond) en het poriëvolume (volumepercentage lucht + volumepercentage water) van de grond berekend. Om e.e.a. te bepalen zijn de monsterringen (met bekend gewicht van de lege ringen) na de bemonstering eerst gewogen en daarna op een bed van Blokzijlzand (de zogenoemde pF bak) geplaatst. Op de pF bak werd de grond in de ringen eerst verzadigd door het waterpeil in de pF-bak langzaam te verhogen tot ca. 1 cm boven het zandoppervlak en dit 24 uur te laten staan. Vervolgens is het waterpeil in de bak verlaagd tot 100 cm beneden het zandoppervlak waardoor de monsters op veldcapaciteit (pF2 = een zuigspanning van 100 cm waterkolom = -10 kPa) werden gebracht gedurende 24 uur. Nadat de grond op veldcapaciteit was gebracht zijn de ringen opnieuw gewogen en vervolgens in de droogstof geplaatst waarin de ringen gedurende 48 uur werden gedroogd bij een temperatuur van 105 graden Celcius. Na het drogen werden de monsters opnieuw gewogen.

Voor de berekeningen van de faseverdeling uit de wegingen is de soortelijke massa van water en van de vaste bodemdelen nodig. Voor de soortelijke massa van water werd een waarde van 1000 kg/m<sup>3</sup> (1 g/cm<sup>3</sup>) aangenomen. De soortelijke massa van de vaste delen ( $\gamma$ ) werd geschat uit het gewichtsperscentage organische stof (os; % gloeiverlies van droge grond) de soortelijke massa van de minerale delen ( $\gamma_m$  = ca. 2650 kg/m<sup>3</sup>) en organische stof ( $\gamma_{os}$  = ca. 1450 kg/m<sup>3</sup>) als volgt:  $100/((os/1450)+(100-os)/2650)$ .

Voor Vredepeel was geen os stofgehalte bekend per behandeling. In de geleverde file werd een os gehalte van 3,5% aangenomen.

## 2.5 Statistische analyse

De data zijn verwerkt met het statistisch programma Genstat Windows 15th edition.

De gegevens van de plant parasitaireaaltjes zijn, na 10Log transformatie, met variantieanalyse (ANOVA) geanalyseerd. Door de 10Log transformatie worden de gegevens bij benadering normaal verdeeld. De op deze manier verkregen gemiddelden per object zijn weer terug-getransformeerd. Deze, via transformatie en terug-transformatie verkregen, objectgemiddelden worden aangeduid met de term 'medianen'. De verkregen medianen worden minder sterk beïnvloed door extremen dan rekenkundige gemiddelden.

De overige data zijn geanalyseerd met ANOVA. Met de student T-test (Genstat procedure ATTEST) zijn de objectgemiddelden met elkaar vergeleken. Wanneer de F-probability kleiner is dan 0,05 zijn de gevonden verschillen tussen de objecten significant. Significante verschillen tussen objecten worden in de tabellen weergegeven door verschillende letters. Objecten met gemeenschappelijke letters zijn, met 95 % zekerheid, niet verschillend van elkaar.

De data van de fysische bepalingen zijn (nog) niet statistisch geanalyseerd, maar rekenkundig gemiddeld en in figuren verwerkt.



## 3 Resultaten en Discussie

### 3.1 Plantparasitaire aaltjessoorten

**De besmetting met plant parasitaire aaltjessoorten is op beide biologische percelen vrij laag.** De besmettingsniveau's van de belangrijkste aaltjessoorten ligt voor veel gewassen onder de schadedrempel (zie tabel 5). Op perceel 34.1 zijn twee Meloidogyne soorten aangetroffen. De besmetting bestaat voor circa 75% uit *Meloidogyne chitwoodi* (het maïswortelknobbelaaltje) en voor circa 25% uit *M. hapla* (het noordelijk wortelknobbelaaltje). Op perceel 34.2 is alleen *M. chitwoodi* gevonden. De Pratylenchus besmetting op beide percelen bestaat voor het grootste deel uit *Pratylenchus penetrans* (het wortellesieaaltje). Op perceel 34.1 is dit een meng-besmetting met circa 10% *P. neglectus* (het bietenwortellesieaaltje) en op perceel 34.2 met 25% *P. crenatus* (het graanwortellesieaaltje). Van de Trichodoride-soorten is op beide percelen alleen de soort *Paratrichodorus pachydermus* aangetroffen

De verschillen tussen de beide percelen zijn relatief klein en voor een belangrijk deel het gevolg van de verschillende voorvruchten. Op perceel 34.1 heeft in 2010 gras, waardgewas voor *P. penetrans*, als groenbemester gestaan, waardoor het besmettingsniveau van Pratylenchidea wat hoger is dan op perceel 34.2. Op dit perceel heeft Japanse haver als groenbemester gestaan. Een niet-waard voor Pratylenchidae. Het aantal niet-plant parasitaire aaltjes is gemiddeld over beide perceel circa 3500 aaltjes/100 ml grond. Dit is een niveau dat algemeen voorkomt op (dek) zandgronden.

Tabel 5. **Aaltjesbesmetting biologische percelen Bodemkwaliteit op Zand, 1 maart 2011.**

Perceel	rep.	gewassen		aaltjessoorten (L/100 ml grond)				
		2009	2010	Melo	Mic	Pa	P	Tri
perceel 34_1	8	Zg+jh	aa+gr	43 . b	3088 a .	0.3 a	372 . b	5 a
perceel 34_2	8	Bro+jh	Zg+jh	5 a .	3997 . b	0.3 a	108 a .	2 a
<i>Fprob (perceel)</i>				0.015	0.040	0.852	<0.001	0.208

Zg+jh: zomergerst + Japanse haver, aa+gr: aardappel+gras, bro+jh: broccoli + Japanse haver  
Melo: Meloidogyne spp, Mic: niet-plant parasitaire aaltjes, Pa: Paratylenchus spp P: Pratylenchus spp, Tr: Trichodoridea spp

In tabel 6 zijn de gemiddelde besmettingsniveaus van plantparasitaire aaltjessoorten van de geïntegreerde systemen weergegeven. Perceel 18 is vrij zwaar besmet met *M. chitwoodi* en perceel 27 licht tot matig. Op beide percelen zijn geen andere Meloidogyne-soorten aangetroffen. De percelen zijn licht tot zeer licht besmet met Pratylenchus. Op perceel 18 bestaat de Pratylenchus-besmetting voor circa 60% uit *P. penetrans* en 40% *P. crenatus*. Perceel 27 is zeer licht besmet met Pratylenchus waardoor maar een beperkt aantal aaltjes is gedetermineerd tot op soortniveau. Hierdoor is de soortverhouding niet betrouwbaar vast te stellen. De Pratylenchus populatie lijkt voor het grootste deel (circa 90%) uit *P. crenatus* te bestaan en een klein deel *P. penetrans*. Beide percelen zijn licht besmet met Trichodoride-aaltjes. Op perceel 18 is dit een meng populatie van circa 60% *P. pachydermus* en circa 40% *P. teres*. Op perceel 27 is alleen de soort *P. pachydermus* aangetroffen. Beide percelen zijn besmet met Paratylenchus waarbij de besmetting op perceel 27 veel hoger dan op perceel 18. Over de waardplantgeschiktheid en schadegevoeligheid van akkerbouwgewassen voor deze aaltjessoort is weinig bekend. Mogelijk is suikerbiet een betere waard voor deze soort dan aardappel, waardoor de besmetting op perceel 27 hoger is.

De verschillen in aaltjesbesmetting tussen de percelen kan voor een belangrijk deel verklaard worden door de gewassen die zijn geteeld. Op perceel 18 is de besmetting met *M. chitwoodi* en *P. penetrans* door de teelt van aardappel, goede waard voor beide aaltjessoorten, in 2010 hoger dan op perceel 27. Op dit perceel is in 2010 suikerbiet geteeld, een gewas dat een slechte waard is voor deze soorten. Het aantal niet-plant parasitaire aaltjes is op perceel 27 betrouwbaar hoger

dan op perceel 18. Dit verschil zou mogelijk het gevolg kunnen zijn van de vrij lange teeltduur van suikerbiet en/of de relatief grote hoeveelheid gewasresten die na de teelt van suikerbiet achterblijven op het perceel, dit in vergelijking tot een aardappelteelt.

De twee bemestingsstrategieën, organische mest (GI-hoog) versus kunstmest (GI-laag) lijken nog maar weinig effect te hebben gehad op de (plant parasitaire) aaltjesbesmetting. Voor de soorten *Paratylenchus* en *Trichodoride* zijn wel betrouwbare verschillen tussen de twee bemestingsstrategieën waargenomen. Bij *Paratylenchus* is er een sterke interactie tussen perceel en organisch stofniveau. Het effect van perceel (voorvrucht) op de *Paratylenchus* besmetting is hierbij veel groter dan het effect van organisch stofniveau. De *Trichodoride* besmetting is bij organische bemesting betrouwbaar lager dan bij het systeem waarin met kunstmest wordt bemest. Vanuit onderzoek is bekend dat toevoegen van organische stof een (licht) positief effect kan hebben op het beperken van de schade en vermeerdering van *Trichodoride*-aaltjes.

Tabel 6. Aaltjesbesmetting geïntegreerde percelen Bodemkwaliteit op Zand, 14 maart 2011.

Perceel / object	rep.	gewassen		aaltjessoorten (L/100 ml grond)					
		2009	2010	Melo	Mic	Pa	P	Tri	
perceel 18	8	sb	aa	669 . b	1478 a .	11 a .	88 . b	19 a	
perceel 27	8	sm+jh	sb	77 a .	4044 . b	485 . b	16 a .	28 a	
GI-hoog	8			250 a	2370 a	128 . b	31 a	14 a .	
GI-laag	8			207 a	2522 a	45 a .	47 a	38 . b	
P.18, OS-H	4	sb	aa	1534 . . c	1556 a .	32 . b .	69 . b	14 a .	
P.18, OS-L	4	sb	aa	292 . b .	1404 a .	4 a . .	112 . b	24 a b	
P.27, OS-H	4	sm+jh	sb	40 a . .	3610 . b	501 . . c	13 a .	13 a .	
P.27, OS-L	4	sm+jh	sb	147 . b .	4530 . b	469 . . c	19 a .	59 . b	
<i>Fprob (perceel)</i>				<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.286	
<i>Fprob (OS niveau)</i>				0.637	0.676	0.002	0.114	0.023	
<i>Fprob (perc. X OS niv.)</i>				0.004	0.281	0.003	0.764	0.215	

Sb: suikerbiet, aa: aardappel, sm+jh: snijmaïs + groenbemester Japanse haver

Melo: Meloidogyne spp, Mic: niet-plant parasitaire aaltjes, Pa: *Paratylenchus* spp P: *Pratylenchus* spp, Tr: *Trichodoridea* spp

Voor een eerste vergelijking tussen de systemen zijn gemiddelden per systeem berekend. Bij de interpretatie van deze gegevens dient opgemerkt te worden dat voor een aantal aaltjessoorten er een (statistische) interactie is met perceel. In de systemen zijn verschillende gewassen geteeld, de percelen zijn ruimtelijk gescheiden en pathogenen zijn onevenredig verdeeld over de percelen. Al deze aspecten kunnen een effect hebben gehad op de samenstelling van de populatie van plant parasitaire aaltjes

De besmetting met plant parasitaire aaltjes is op de geïntegreerde percelen gemiddeld genomen hoger dan op de biologische percelen (zie tabel 7). Met uitzondering van de *Pratylenchus* besmetting. Deze is op de biologische percelen gemiddeld hoger dan op de geïntegreerde percelen. Ook het aantal niet plant parasitaire aaltjes is op de biologische percelen gemiddeld hoger dan op de geïntegreerde, maar dit verschil is statistisch niet betrouwbaar. Dit, niet statistische verschil, wordt veroorzaakt door de relatief lage aantallen op het perceel waar in 2010 aardappelen zijn geteeld. Op het andere geïntegreerde perceel (P. 27), waar in 2010 suikerbieten zijn geteeld, zijn de aantallen niet plant parasitaire aaltjes vergelijkbaar met het niveau van de biologische percelen. Het verschil zou mogelijk het gevolg kunnen zijn van de relatief grotere hoeveelheid gewasresten op deze percelen. Op de biologische percelen zijn groenbemesters geteeld en op het geïntegreerde perceel zijn de gewasresten van suikerbiet op het perceel achtergebleven. De verschillen tussen de systemen in plantparasitaire aaltjessoorten zijn deels te verklaren door de gewassen die zijn geteeld. De teelt van waard of niet/matige waard gewassen hebben geresulteerd in respectievelijk hogere of lagere aantallen van bepaalde aaltjessoorten.

Tabel 7. **Aaltjesbesmetting geïntegreerde en biologische percelen Bodemkwaliteit op Zand, 14 maart 2011.**

Systeem	Rep	aaltjessoorten (L/100 ml grond)				
		Mic	Melo	Pa	P	Tri
Biologisch	16	3514 a	15 a .	0.3 a .	200 . b	3 a .
Gl-hoog_	8	2370 a	250 . b	128 . b	31 a .	14 . b
Gl-laag	8	2522 a	207 . b	45 . b	47 a .	38 . b
gemiddeld		2931	60	10	89	10
Fprob		0.119	0.001	<.001	<.001	<.001

Melo: Meloidogyne spp, Mic: niet-plant parasitaire aaltjes, Pa: Paratylenchus spp P: Pratylenchus spp, Tr: Trichodoridea spp

\* Rutgers et al. 2007, Typering van bodemecosystemen in Nederland met tien referenties voor biologische bodemkwaliteit.

# Akkerbouw op Zand. Gemiddelden van 6 referentie percelen (gemiddelden van alle 28 percelen)

## 3.2 Milieuaaltjes

In tabel 8 is de samenstelling van de aaltjespopulatie, ingedeeld in de verschillende voedselgroepen op de twee biologische percelen weergegeven. Met uitzondering van het aantal carnivore-aaltjes zijn er geen betrouwbare verschillen tussen de biologische percelen vastgesteld. Alleen het aantal carnivore aaltjes is op perceel 34.2 significant hoger dan op perceel 34.1. Het aandeel bacterie-eters is op beide percelen relatief hoog. Waarschijnlijk als gevolg van de organische bemesting.

Tabel 8. **Aaltjesbesmetting biologische percelen Bodemkwaliteit op Zand, 1 maart 2011.**

perceel	rep.	Gewassen		Voedselgroepen (L/100 gram grond)						
		2009	2010	totaal/100 gr *	schimmel-eters	Bacterie-eters	dauwlarven	carnivoren	omnivoren	planteneters
34_1	8	Zg+jh	aa+gr	2101 a	46 a	1244 a	198 a	63 a .	67 a	479 a
34_2	8	bro+jh	Zg+jh	2311 a	39 a	1191 a	308 a	110 . b	85 a	576 a
gemiddeld				2206	42	1218	253	86	76	528
Fprob (perceel)				0.189	0.5390	0.6730	0.1860	0.0120	0.3720	0.2020
Lsd (0,05)				330.4	24.8	269.4	172.4	34.6	41.6	156.7

Zg+jh: zomergerst = Japanse haver, aa+gr: aardappel+gras bro+jh: broccoli + Japanse haver

\* 100 ml grond weegt 147 gram (aantal/100ml = n x 1,47)

In tabel 9 zijn de resultaten van de milieuaaltjes analyse van de geïntegreerde percelen weergegeven. Het totaal aantal aaltjes, maar ook de aantallen aan schimmel-eters, bacterie-eters en dauwlarven (ruststadium van voornamelijk bacterie-eters die gevormd worden onder ongunstige omstandigheden; verstoring, afname voedselaanbod) is op perceel 27 betrouwbaar hoger dan op perceel 18. Bij de analyse van plant parasitaire aaltjes is ook het aantal niet plant parasitaire aaltjes bepaald. Deze resultaten geven eenzelfde beeld van de percelen als de milieu-

aaltjesanalyse; een hoger aantal aaltjes op perceel 27.

De twee bemestingsstrategieën, organische mest (GI-hoog) en kunstmest(GI-laag) lijken nog maar weinig effect te hebben gehad op de samenstelling van de aaltjesgemeenschap. Alleen het aantal schimmel-eters en bacterie-eters is in het organische stof-laag systeem betrouwbaar hoger dan in het systeem met organische bemesting. Er is echter een sterke interactie tussen perceel en organisch stofniveau. De voorvruchten hebben vermoedelijk een groter effect gehad op de aaltjesgemeenschap dan de bemestingsstrategie die op de percelen is toegepast.

Tabel 9. Aaltjesbesmetting geïntegreerde percelen Bodemkwaliteit op Zand, 14 maart 2011.

Perceel / object	rep.	gewassen		Voedselgroepen (L/100 gram grond)													
		2009	2010	totaal/100 gr		schimmeleeters		Bacterie-eters		dauerlarven		carnivoren		omnivoren		plnateneters	
Perc. 18	8	sb	aa	1358	a .	37	a .	469	a .	195	a .	105	a	50	a	502	a
Perc. 27	8	sm+jh	sb	3515	. b	319	. b	836	. b	1674	. b	133	a	67	a	482	a
GI-hoog	8			2167	a	126	a .	542	a .	809	a	122	a	57	a	507	a
GI-Haag	8			2706	a	230	. b	763	. b	1061	a	116	a	60	a	477	a
P.18, OS-H	4	sb	aa	1351	a .	21	a . .	403	a . .	135	a .	79	a .	62	a b	651	. b
P.18, OS-L	4	sb	aa	1365	a .	53	a . .	536	a b .	256	a .	130	a b	37	a .	354	a .
P.27, OS-H	4	sm+jh	sb	2983	. b	232	. b .	682	. b .	1483	. b	165	. b	51	a b	364	a .
P.27, OS-L	4	sm+jh	sb	4047	. b	406	. . c	990	. . c	1865	. b	102	a b	83	. b	601	a b
gemiddeld				2437		178		653		935		119		58		492	
Fprob (perceel)				0.001		<.001		<.001		0.001		0.23		0.182		0.806	
Fprob (OS niveau)				0.278		0.142		0.281		0.683		0.791		0.787		0.008	
Fprob (perc. X OS niv.)				0.266		0.044		0.018		0.438		0.032		0.042		0.71	
Lsd (0,05 - perceel)				1027.6		99.8		173		701.5		50.7		27.3		178.1	
Lsd (0,05 - OS niveau.)				1027.6		99.8		173		701.5		50.7		27.3		178.1	
Lsd(0,05 - perc. X OS niv.)				1453.3		141.1		244.7		992.1		71.8		38.6		251.8	

Sb: suikerbiet, aa: aardappel, sm+jh: snijmaïs + groenbemester Japanse haver

\* 100 ml grond weegt 142 gram (aantal/100ml = n x 1,42)

Voor een eerste vergelijking tussen de systemen zijn gemiddelden per systeem berekend (Tabel 10). Bij de interpretatie van deze gegevens dient opgemerkt te worden dat voor een aantal voedselgroepen er een (statistische) interactie is met perceel. In de systemen zijn verschillende gewassen geteeld, de percelen zijn ruimtelijk gescheiden en pathogenen zijn onevenredig verdeeld over de percelen. Al deze aspecten kunnen een effect hebben gehad op samenstelling van de aaltjespopulatie. Belangrijkste verschil tussen de systemen is te vinden in het aantal schimmel- en bacterie-eters. In het biologische systeem is het aantal schimmeleeters het laagst. Er lijkt een verband tussen de hoeveel organische stof dat per systeem wordt aangevoerd en het aandeel schimmeleeters. Minder vers organisch materiaal meer schimmeleeters. Het aantal bacterie-eters is in het biologische systeem duidelijk hoger dan in de geïntegreerde systemen. De grotere hoeveelheid aan organische stof dat jaarlijks wordt aangevoerd zorgt voor verrijking van het systeem en een toename van opportunisten, voornamelijk bacterie-eters.

Tabel 10. **Aaltjesbesmetting biologische en geïntegreerde percelen Bodemkwaliteit op Zand, 14 maart 2011.**

Systeem	rep.	Voedselgroepen (L/100 gram grond)													
		totaal/100 gr		schimmelers		Bacterie-eters		dauwlarven		carnivoren		omnivoren		plateneters	
Biologisch	16	2206	a	42	a .	1218	. b	253	a .	86	a	76	a	528	a
Gl-hoog_	8	2167	a	126	a b	542	a .	809	a b	122	a	57	a	507	a
Gl-laag	8	2706	a	230	. b	763	a .	1061	. b	116	a	60	a	477	a
<i>gemiddeld</i>		2321		110		935		594		103		67		510	
Fprob		0.504		0.006		<.001		0.027		0.139		0.359		0.839	
Lsd 0.005 (min.rep)		1088.1		125.9		248.8		713.0		46.5		35.7		201.0	
Lsd 0.005 (max-min)		942.4		109.0		215.5		617.5		40.3		30.9		174.0	
Lsd 0.005 (max.rep)		769.4		89.0		176.0		504.2		32.9		25.2		142.1	

\* 100 ml grond weegt 142 gram (aantal/100ml = n x 1,42)

De Indices Maturity Index (MI), Enrichment Index (EI) en Structure Index (SI) zijn op de geïntegreerde percelen hoger dan op de biologische percelen. De MI is voor alle systemen iets groter dan 2; waarden die algemeen zijn voor akkerbouw percelen. De Basal Index (BI) is voor het biologische systeem betrouwbaar hoger dan voor de geïntegreerde systemen.

In algemene zin worden hogere MI en SI waarden en lagere BI waarden gezien als indicatie voor meer stabiele bodems (Berkelmans, 2003).

De lage Chanal Index (CI) van het biologische systeem geeft aan dat de afbraak van organisch materiaal voornamelijk bacterie-gedomineerd is. Toevoegen van extra organische stof leidt tot een toename van de microbiële activiteit Als reactie hier op nemen opportunistische aaltjessoorten, veelal bacterie-eters, sneller in aantal toe dan meer persistente soorten (Bongers-Ferris, 1999).

Tabel 11. **Indices milieuaaltjes biologische en geïntegreerde percelen Bodemkwaliteit op Zand, 14 maart 2011.**

Systeem	rep.	Indices							
		Maturity Index 1-5		Maturity Index 2-5		Enrichment Index		Structure Index	
Biologisch	16	2.09	a .	2.39	a .	0.58	a	0.49	a .
Gl-hoog_	8	2.30	. b	2.64	. b	0.61	a	0.64	. b
Gl-laag	8	2.18	a b	2.53	. b	0.62	a	0.57	. b
<i>gemiddeld</i>		2.17		2.49		0.60		0.55	
Fprob		0.028		<.001		0.497		0.002	
Lsd 0.005 (min.rep)		0.175		0.136		0.1		0.09	
Lsd 0.005 (max-min)		0.152		0.117		0.087		0.078	
Lsd 0.005 (max.rep)		0.124		0.096		0.071		0.064	

### 3.3 Microbiologische parameters

In tabel 12 zijn de analyse resultaten van de microbiologische parameters op de twee biologische percelen weergegeven. De verschillen tussen de twee percelen zijn relatief klein. Voor de parameters potentiële N en C mineralisatie en Hot Water extractable C (HWC) zijn kleine, maar statistisch betrouwbare verschillen waargenomen. De verschillen worden mogelijk veroorzaakt door de gras-groenbemester die, de winter over, op perceel 34.1 heeft gestaan. Dit in tegenstelling tot de Japanse haver op perceel 34.2 die in de winter is afgevroren. De gras-groenbemester in het voorjaar geeft meer input van organische C en N, wat resulteert in een hogere potentiële N mineralisatie en hogere HWC. De potentiële C mineralisatie (bodemademhaling, activiteit van bodemleven) is daarentegen lager op perceel 34.1. Verstorning (meer en intensievere grondbewerking) van de bodem stimuleert de afbraak van organische stof. Het rooien van aardappelen simuleert de afbraak van organische stof meer dan de oogst van zomergerst en Japanse haver (comm. Jaap Bloem). Dit is tegengesteld aan de waarnemingen in het geïntegreerde teeltsysteem waar op de percelen met meer grondbewerking de potentiële C mineralisatie hoger is.

Tabel 12. **Microbiologische bodemparameters; biologische percelen Bodemkwaliteit op Zand, 1 maart 2011.**

Perceel	Rep.	gewassen		Biologische parameters				
		2009	2010	Biomassa schimmels ( $\mu\text{g C/g droge grond}$ )	Biomassa bacteriën ( $\mu\text{g C/g droge grond}$ )	Pot. N mineralisatie ( $\text{mg N/kg/wk}$ )	Pot. C mineralisatie ( $\text{mg C/kg/wk}$ )	Hot Water extractable C ( $\mu\text{g C/g droge grond}$ )
34_1	8	Zg+jh	aa+gr	15.1 a	20.4 a	2.6 . b	17.4 a .	820 . b
34_2	8	bro+jh	Zg+jh	15.1 a	19.9 a	2.3 a .	20.2 . b	719 a .
<i>gemiddeld</i>				15.1	20.2	2.44	18.8	769
<i>Fprob (perceel)</i>				0.972	0.874	0.026	0.010	0.020
<i>Lsd (0,05)</i>				2.92	6.29	0.305	1.94	81.3

Zg+jh: zomergerst + Japanse haver, aa+gr: aardappel+gras bro+jh: broccoli + Japanse haver

De analyse resultaten van de microbiologische parameters van de geïntegreerde percelen zijn weergegeven in tabel 13. Ook voor de geïntegreerde percelen geldt dat de verschillen tussen de twee percelen relatief klein zijn en dat voor de parameters potentiële N en C mineralisatie en HWC kleine maar statistisch betrouwbare verschillen zijn waargenomen. Deze verschillen, hogere potentiële N mineralisatie en HWC en lagere potentiële C mineralisatie op perceel 27, zijn mogelijk het gevolg van de gewasresten die na de oogst van de bieten op het perceel achterblijven. De gewasresten van suikerbiet geven mogelijk meer input van organische C en N dan de gewasresten van aardappel. De hogere potentiële N mineralisatie en hogere HWC lijken dit te ondersteunen. De potentiële C mineralisatie (bodemademhaling, daarentegen was lager op perceel 27. Het rooien van aardappels en suikerbieten stimuleert afbraak van OS meer dan bij snijmaïs en Japanse haver. Een hogere HWC kan zowel komen door hogere microbiële activiteit (meer slijmproductie) als door minder afbraak (waardoor er meer overblijft). Minder afbraak is vaak een gevolg van minder grondbewerking. De lagere waarden in GI-laag komen vooral door perceel 18. Het is mogelijk dat groenbesters de verlaging tegengaan in perceel 27, en dat er daardoor geen effecten worden gevonden van verhoogde OS toevoer (comm. Jaap Bloem). De twee bemestingsstrategieën, organische mest (GI-hoog) en kunstmest (GI-laag), hebben geen effect gehad op de schimmel- en bacterie biomassa, potentiële N- en C mineralisatie en HWC in het vroege voorjaar (eind maart) van 2011.



Tabel 13. **Microbiologische bodemparameters; geïntegreerde percelen Bodemkwaliteit op Zand, 14 maart 2011.**

Perceel / object	rep.	gewassen		Biologische parameters									
		2009	2010	Biomassa schimmels (µg C/g droge grond)		Biomassa bacteriën (µg C/g droge grond)		Pot. N mineralisatie (mg N/kg/wk)		Pot. C mineralisatie (mg C/kg/wk)		Hot Water extractable C ( µg C/g droge grond)	
Perc. 18	8	sb	aa	11.8	a	21.8	a	1.8	a .	9.0	. b	653	a
Perc. 27	8	sm+jh	sb	11.8	a	19.1	a	2.1	. b	6.2	a .	704	. b
GIhoog	8			11.4	a	22.9	a	2.0	a	7.9	a	687	a
GHaag	8			12.3	a	17.9	a	1.9	a	7.3	a	669	a
P.18, OS-H	4	sb	aa	11.3	a	24.7	a	2.0	. b	9.4	. b	680	a b
P.18, OS-L	4	sb	aa	12.4	a	18.8	a	1.6	a .	8.6	. b	625	a .
P.27, OS-H	4	sm+jh	sb	11.4	a	21.1	a	2.0	. b	6.4	a .	695	. b
P.27, OS-L	4	sm+jh	sb	12.2	a	17.0	a	2.1	. b	6.0	a .	713	. b
gemiddeld				11.8		20.4		1.93		7.6		678	
Fprob (perceel)				0.985		0.349		0.012		0.003		0.040	
Fprob (OS niveau)				0.602		0.1		0.219		0.374		0.408	
Fprob (perc. X OS niv.)				0.965		0.735		0.027		0.774		0.116	
Lsd (0,05 - perceel)				3.93		6.15		0.197		1.5		48	
Lsd (0,05 - OS niveau)				3.93		6.15		0.197		1.5		48	
Lsd (0,05 - perc. X OS niv.)				5.55		8.69		0.279		2.12		67.9	

Sb: suikerbiet, aa: aardappel, sm+jh: snijmaïs + groenbemester Japanse haver

\* 100 ml grond weegt 142 gram (aantal/100ml = n x 1,42)

Voor een eerste vergelijking tussen de systemen zijn gemiddelden per systeem berekend. Bij de interpretatie van deze gegevens dient opgemerkt te worden dat voor een aantal parameters er een (statistische) interactie is met perceel. . In de systemen zijn verschillende gewassen geteeld en de percelen zijn ruimtelijk gescheiden. Deze aspecten kunnen een effect hebben gehad op deze microbiologische parameters.

De geïntegreerde percelen lijken minder schimmel gedomineerd en hebben wat lagere waarden voor potentiële N en ° C mineralisatie en HWC dan de biologische percelen. Er lijkt een relatie te zijn met e hoeveelheid organische stof dat per systeem wordt aangevoerd. Met toenemende hoeveelheid organische stof die jaarlijks wordt aangevoerd (GI-laag: 800 kg/ha EOS, GI-hoog: 1500 kg/ha EOS, Biologisch; 2750 kg/ha EOS) nemen de waarden voor potentiële N en ° C mineralisatie en HWC ook licht toe.

Verder valt op dat de bacterie biomassa en potentiële N en ° C mineralisatie op de BKZ-percelen veel lager zijn dan de referentie waarden van het RIVM. Bij de BOBI bemonstering van het RIVM wordt de bovenste 10 cm van de bouwvoor bemonsterd. De bemonstering in Bodemkwaliteit op Zand is in de bovenste 25 cm van de bouwvoor bemonsterd. Mogelijk wordt een deel van het verschil verklaart door de afwijkende bemonsteringsmethodiek.

Bloem et al. (1994) vonden een 23% hogere potentiële ° C mineralisatie (ademhaling) en een 35% hogere potentiële N mineralisatie in de laag 0-10 cm dan in de laag 10-25 cm diepte in akkers met wintertarwe op de Lovinkhoeve. Een dieper mengmonster van 0-25 cm zou dan een 20% lagere potentiële N mineralisatie geven. Maar de verschillen tussen Vredepeel en de referentie akker op zand zijn veel groter. De N mineralisatie is 60% lager en de bacteriebiomassa en de ° C

mineralisatie zijn 75% lager dan in de referentie. Dit hangt waarschijnlijk samen met aanzienlijk lagere organische stof gehalten op Vredepeel. Het gehalte aan organische stof in de referentie is relatief hoog met een gemiddelde van rond de 7%. Dit heeft te maken met het gegeven dat er veel locaties in het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit een veenkoloniale achtergrond hebben en in de provincie Drenthe liggen (comm. Jaap Bloem).

Tabel 14. **Microbiologische bodemparameters; biologische en geïntegreerde percelen Bodemkwaliteit op Zand, 14 maart 2011.**

Systeem	Rep.	Biologische parameters				
		Biomassa schimmels ( $\mu\text{g C/g droge grond}$ )	Biomassa bacteriën ( $\mu\text{g C/g droge grond}$ )	Pot. N mineralisatie ( $\text{mg N/kg/wk}$ )	Pot. °C mineralisatie ( $\text{mg C/kg/wk}$ )	Hot Water extractable °C ( $\mu\text{g C/g droge grond}$ )
Biologisch	16	15.1 . b	20.2 a	2.4 . b	18.8 . b	769 . b
Gl-hoog	8	11.4 a .	22.9 a	2.0 a .	7.9 a .	687 a .
Gl-laag	8	12.3 a b	17.9 a	1.9 a .	7.3 a .	669 a .
gemiddeld		13.5	20.3	2.18	13.2	724
Fprob		0.029	0.189	<.001	<.001	0.013
Lsd 0.005 (min.rep)		3.39	5.43	0.28	1.99	83.7
Lsd 0.005 (max-min)		2.94	4.70	0.24	1.72	72.5
Lsd 0.005 (max.rep)		2.40	3.84	0.19	1.41	59.2
Ref. waarden RIVM*		niet gemeten	81 (88)#	5.6 (4.3)	50 (42)	niet gemeten

\* Rutgers et al. 2007, Typering van bodemecosystemen in Nederland met tien referenties voor biologische bodemkwaliteit.

# Akkerbouw op Zand. Gemiddelden van 6 referentie percelen (gemiddelden van alle 28 percelen)

### 3.4 Chemische parameters

Een aantal chemische en fysische bodemeigenschappen van de biologische percelen zijn weergegeven in tabel 15. De verschillen tussen de percelen zijn relatief klein en voor de meeste parameters is dit verschil niet significant. pH, CEC, Kalium, Magnesium gehalten zijn op perceel 34.1 wat hoger dan op perceel 34.2

Tabel 15. **Chemische bodemeigenschappen, biologische percelen Bodemkwaliteit op Zand, 1 maart 2011.**

Parameters		Perceel		gem.	Fprob	Lsd (0,05)
		34_1 (rep. 8)	34_2 (rep. 8)			
Stikstof-totaal	(mg N/kg)	1080 a	999 a	1039	0.134	110.4
N-totaal oplosbaar	(mg N-opl/kg)	13.0 a	13.0 a	13.0	0.973	3.94
N-organisch oplosbaar	(mg N-org/kg)	1.0 a	0.9 a	1.0	0.833	1.27
Ammonium-N	(mg NH <sub>4</sub> -N/kg)	4.5 a	4.8 a	4.6	0.695	1.84
Nitraat-N	(mg NO <sub>3</sub> -N/kg)	8.6 a	7.4 a	8.0	0.413	3.14
C/N-ratio		21.6 a	22.1 a	21.9	0.547	1.77
N-leverend vermogen	(kg N/ha)	22.8 a	19.8 a	21.2	0.262	5.59
P-beschikbaar (P-PAE)	(mg P/kg)	1.6 a .	2.1 . b	1.8	0.027	0.45
P-voorraad (P-AI) m	(mg P205/100 g)	48.0 a	51.8 a	49.9	0.122	4.92
P-nalevering		32.6 . b	25.9 a .	29.2	0.043	6.50
Pw	(mg P205/l)	39.3 a .	44.1 . b	41.7	0.027	4.22
K-beschikbaar (K-PAE)	(mg K/kg)	127 . b	106 a .	117	0.017	16.9
K-getal		36.4 . b	30.0 a .	33.2	0.020	5.17
Zwavel-totaal	(mg S/kg)	231 a	225 a	228	0.480	18.8
S-leverend vermogen	(kg S/ha)	5.6 a	5.9 a	5.8	0.615	1.06
S-aanvoer (incl. SLV)	(kg S/ha)	33.6 a	33.9 a	33.8	0.615	1.06
Magnesium	(mg Mg/kg)	156 . b	129 a .	142	<.001	12.5
Natrium	(mg Na/kg)	6.3 a	6.0 a	6.1	0.484	0.76
Ca-voorraad	(kg Ca/ha)	2931 a	2753 a	2842	0.141	246.5
Zuurgraad (pH)		5.7 . b	5.5 a .	5.6	0.001	0.10
Organische stof	(%)	4.7 a	4.4 a	4.6	0.265	0.47
C-organisch	(%)	2.3 a	2.2 a	2.3	0.303	0.23
C-anorganisch	(%)	0.4 a	0.0 a	0.2	0.337	0.82
Klei-humus (CEC)	(mmol+/kg)	66.9 . b	60.4 a .	63.6	0.028	5.66
CEC-bezetting	(%)	93.0 a .	96.1 . b	94.6	0.016	2.42
Bodemleven	(N/kg)	25.8 a	22.9 a	24.3	0.230	4.98

In tabel 16 zijn een aantal chemische en fysische bodemeigenschappen van de geïntegreerde percelen weergegeven. De verschillen tussen de percelen zijn voor de meeste parameters relatief klein en niet statistisch betrouwbaar. De parameters stikstof-totaal, N leverend vermogen zwavel-totaal, natrium, organische stofgehalte en C-organisch zijn op perceel 27 betrouwbaar hoger dan op perceel 18. De fosfaat-parameters en de gehalten aan magnesium en natrium en de zuurgraad zijn op perceel 18 betrouwbaar hoger in vergelijking tot perceel 27.

De twee bemestingsstrategieën, organische mest (GI-hoog) en kunstmest(GI-laag), hebben een betrouwbaar effect gehad op stikstof-totaal, P voorraad, Pw, magnesium, Ca-voorraad, organisch stofgehalte en CEC. De waarden van deze parameters zijn in het systeem met organische bemesting betrouwbaar hoger dan bij het systeem met alleen kunstmest.

Tabel 16. **Chemische bodemeigenschappen, geïntegreerde percelen Bodemkwaliteit op Zand, 14 maart 2011.**

	perceel 18	perceel 27	OS hoog	OS laag	perceel 18, OS hoog	perceel 18, OS laag	perceel 27, OS hoog	perceel 27, OS laag	Gemiddeld	F <sub>prob</sub> (perceel)	F <sub>prob</sub> (OS niveau)	F <sub>prob</sub> (perceel X OS niveau)	LSD (perceel, OS niveau)	LSD (perceel X OS niveau)
Stikstoftotaal (mg N/kg)	995 a.	1209 .b	1175 .b	1029 a.	1082 ab	908 a.	1268 .b	1150 .b	1102	0.009	0.048	0.663	144.4	204.2
N-totaal oplosbaar (mg N-op/kg)	14.2 a	16.2 a	16.9 a	13.4 a	16.6 a	11.9 a	17.3 a	15.0 a	15.2	0.443	0.184	0.627	5.50	7.78
N-organisch oplosbaar (mg N-org/kg)	2.3 a	2.9 a	2.8 a	2.5 a	2.5 a	2.1 a	3.0 a	2.9 a	2.6	0.121	0.423	0.720	0.84	1.19
Ammonium-N (mg NH <sub>4</sub> -N/kg)	6.2 a	6.3 a	7.0 a	5.6 a	7.7 a	4.7 a	6.3 a	6.4 a	6.3	0.948	0.460	0.424	4.25	6.02
Nitraat-N (mg NO <sub>3</sub> -N/kg)	5.9 a	6.9 a	7.2 a	5.6 a	6.3 ab	5.4 a.	8.0 .b	5.8 ab	6.4	0.183	0.055	0.399	1.63	2.30
C/N-ratio	23.9 a	22.6 a	23.0 a	23.5 a	23.8 a	24.0 a	22.3 a	23.0 a	23.3	0.080	0.451	0.703	1.44	2.03
N-leverend vermogen (kg N/ha)	15.3 a.	21.5 .b	20.3 a	16.5 a	16.8 ab	13.8 a.	23.8 .b	19.3 ab	18.4	0.021	0.127	0.744	5.04	7.13
P-beschikbaar (P-PAE) (mg P/kg)	1.7 .b	1.4 a.	1.7 .b	1.3 a.	1.8 .b	1.6 .b	1.7 .b	1.0 a.	1.5	0.002	<.001	0.020	0.19	0.27
P-voorraad (P-AI) m (mg P2O <sub>5</sub> /100 g)	56 .b	47 a.	58 .b	45 a.	62 ...d	50 .b...	54 ...c.	39 a...	51.3	<.001	<.001	0.215	2.54	3.60
P-nalevering	32.8 a	35.8 a	33.8 a	34.8 a	34.5 ab	31.0 a.	33.0 ab	38.5 .b	34.2	0.179	0.639	0.057	4.66	6.58
Pw mg (mg P2O <sub>5</sub> /l)	43.8 .b	37.1 a.	44.8 .b	36.1 a.	46.8 ...c	40.8 .b.	42.8 .b.	31.5 a...	40.4	<.001	<.001	0.006	1.65	2.33
K-beschikbaar (K-PAE) (mg K/kg)	45.4 a	47.3 a	42.3 a	50.4 a	43.5 a	47.3 a	41.0 a	53.5 a	46.3	0.687	0.105	0.357	10.20	14.42
K-getal	13.1 a	14.3 a	12.6 a	14.8 a	12.8 a	13.5 a	12.5 a	16.0 a	13.7	0.389	0.121	0.297	2.81	3.97
Zwavel-totaal (mg S/kg)	210 a.	244 .b	240 a	214 a	223 ab	198 a.	258 .b	230 ab	226.9	0.025	0.067	0.923	28.48	40.28
S-leverend vermogen (kg S/ha)	3.8 a	4.5 a	4.4 a	3.9 a	3.8 a	3.8 a	5.0 a	4.0 a	4.1	0.279	0.462	0.462	1.47	2.08
S-aanvoer (incl. SLV) (kg S/ha)	31.8 a	32.5 a	32.4 a	31.9 a	31.8 a	31.8 a	32.0 a	33.0 a	32.1	0.279	0.462	0.462	1.47	2.08
Magnesium (mg Mg/kg)	135 .b	108 a.	127 .b	116 a.	141 .b	129 .b	114 a.	102 a.	121.5	<.001	0.011	1.000	8.4	11.9
Natrium (mg Na/kg)	7.9 a.	39.3 .b	25.0 a	22.1 a	7.8 a.	8.0 a.	42.3 .b	36.3 .b	23.6	<.001	0.160	0.131	4.25	6.01
Ca-voorraad (kg Ca/ha)	2737 a	2930 a	2956 .b	2711 a.	2848 ab	2625 a.	3063 .b	2798 ab	2833.0	0.089	0.039	0.842	229.6	324.7
Zuurgraad (pH)	5.8 .b	5.6 a.	5.7 a	5.7 a	5.8 ab	5.9 .b	5.6 ab	5.6 a.	5.7	0.011	1.000	0.732	0.16	0.23
Organische stof (%)	4.7 a.	5.4 .b	5.4 .b	4.8 a.	5.1 ab	4.4 a.	5.6 .b	5.2 .b	5.1	0.022	0.049	0.506	0.57	0.81
C-organisch (%)	2.4 a.	2.7 .b	2.7 a	2.4 a	2.6 ab	2.2 a.	2.8 .b	2.6 ab	2.6	0.034	0.063	0.534	0.31	0.43
Canorganisch (%)	0.03 a.	0.04 .b	0.04 a	0.04 a	0.04 ab	0.03 a.	0.04 .b	0.04 ab	0.0	0.011	0.316	1.000	0.01	0.01
Klei-humus (CEC) (mmol+/kg)	64 a	65 a	68 .b	60 a.	69 .b	59 a.	68 .b	62 ab	64.1	0.712	0.014	0.522	6.0	8.4
CEC-bezetting (%)	91.6 a.	96.9 .b	93.6 a	94.9 a	90 a.	93.3 ab	97.3 .b	96.5 .b	94.3	0.019	0.513	0.305	4.2	5.9
Bodemleven (N/kg)	29.1 a	26.1 a	29.5 a	25.8 a	31 a	27.3 a	24.3 a	28 a	27.6	0.338	0.238	1	6.71	9.49

Voor een eerste vergelijking tussen de systemen zijn gemiddelden per systeem berekend. Bij de interpretatie van deze gegevens dient opgemerkt te worden dat voor een aantal parameters er een (statistische) interactie is met perceel. In de systemen zijn verschillende gewassen geteeld wat een effect heeft gehad op deze chemische bodemparameters. Daarnaast wordt een goede (zuivere) vergelijking tussen de systemen bemoeilijkt door dat het biologisch systeem en de geïntegreerde systemen op verschillende kavels liggen en dus ruimtelijk van elkaar gescheiden zijn. In onderstaande tabel zijn de belangrijkste parameters weergegeven.

De zuurgraad is gemiddeld per systeem (5,6 en 5,7) goed. Streefwaarde is een pH-KCl van 5,7. Voor het organische stofgehalte bestaan geen duidelijke streefwaarden, maar de organisch stofpercentage 's te Vredepeel zijn voor zandgrond zeker niet laag. Dat zegt echter nog niets over de kwaliteit van de organische stof. Naast het organisch stofpercentage is het belangrijk dat er jaarlijks een bepaalde minimale hoeveelheid verse organische stof wordt aangevoerd. Met slechts 800 kg Effectieve Organische Stof (EOS) per ha per jaar bij systeem GI-laag zal het organische stofgehalte langzaam teruglopen, ondanks dat het OS-gehalte (4,8%) nog niet laag is. Het organische stofgehalte op de biologische percelen is gemiddeld lager dan op de geïntegreerde percelen. Uit de metingen in voorgaande jaren kwam naar voren dat het organisch stofpercentage op de Biologische percelen juist altijd wat hoger is geweest dan bij de geïntegreerde percelen, ook al voordat de percelen biologisch werden. Tussen GI-laag en GI-hoog was er geen duidelijk verschil in organisch stofpercentage. Dit komt niet overeen met de analyse-uitslag van de maart 2011 bemonstering. Op basis van deze eenmalige meting zijn daarom geen betrouwbare conclusies trekken.

Pw en K-getal kunnen gerelateerd worden aan de streefwaarden die in de adviesbasis bemesting staan. De Pw (42, 45, 36 als gemiddelden per systeem) is ruim voldoende hoog ( streefwaarden: 30-45). De lagere fosfaat-toestand (Pw en P-AL) van GI-laag t.o.v. GI-hoog is een gevolg van een bewust lage fosfaataanvoer bij GI-laag om de fosfaattoestand van de bodem versneld te doen dalen. Uit de historische meetreeks van Pw komt naar voren dat de Pw bij GI-laag structureel lager is dan die van GI-hoog.

De genoemde K-getallen op de geïntegreerde percelen (13 en 15) zijn ruim voldoende hoog (streeftraject BLGG: 18 - 24) Het gemiddelde K-getal voor de biologische percelen is 33 . Voor zandgrond is dat onwaarschijnlijk hoog. In de NWP-periode (2005 – 2008) zat het K-getal op de biologische-percelen gemiddeld op 20 wat al vrij hoog is voor zandgrond.

De hogere kalitoestand bij biologische percelen is waarschijnlijk een gevolg van een hogere kaliaanvoer via rundveemest (kali-rijk). De betreffende percelen zijn in 2000 in gebruik genomen als biologisch systeem en sinds die tijd is het K-getal boven dat van de geïntegreerde-percelen gaan uitstijgen. Daarvoor was het gelijk.

Tabel 17. **Chemische bodemeigenschappen, geïntegreerde en biologische percelen Bodemkwaliteit op Zand, 14 maart 2011.**

Parameter	Systeem			<i>gemiddeld</i>	<i>F<sub>prob</sub> (0,005)</i>	<i>Lsd 0.005 (min.rep)</i>	<i>Lsd 0.005 (max-min)</i>	<i>Lsd 0.005 (max.rep)</i>
	Biologisch (n=16)	GHoog (n=8)	GHlaag (n=8)					
Organische stof (%)	4.6 a .	5.4 . b	4.8 a .	4.8	0.004	0.53	0.45	0.37
Zuurgraad pH	5.6 a	5.7 a	5.7 a	5.7	0.101	0.15	0.13	0.11
Klei-humus (CEC) (mmol+/kg)	64 a b	68 . b	60 a .	64	0.074	6.9	6.0	4.9
C/N ratio	21.9 a	23.0 a	23.5 a	22.6	0.109	1.88	1.63	1.33
Stikstof-totaal (mg N/kg)	1039 a .	1175 . b	1029 a .	1071	0.07	144.6	125.2	102.2
P-voorraad (P-Al) (mg P2O5/100 g)	50 . b .	58 . . c	45 a . .	51	<.001	5.4	4.6	3.8
Pw (mg P2O5/l)	42 . b	45 . b	36 a .	41	0.002	4.6	4.0	3.2
K-beschikb. (K-PAE) (mg K/kg)	117 . b	42 a .	50 a .	81	<.001	14.3	12.4	10.1
K-getal	33 . b	13 a .	15 a .	23	<.001	4.3	3.8	3.1
Magnesium (mg Mg/kg)	142 . b	127 a b	116 a .	132	0.005	18.1	15.7	12.8
Natrium (mg Na/kg)	6 a .	25 . b	22 . b	15	0.001	12.2	10.6	8.6

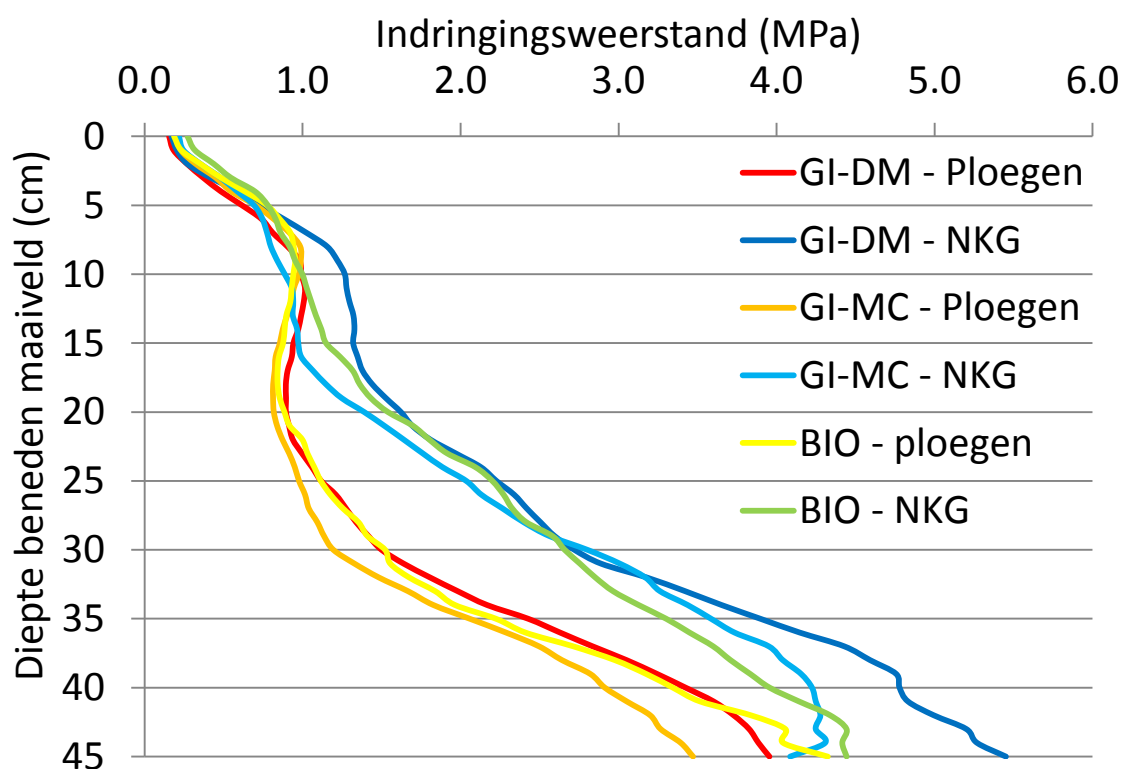
## 3.5 Fysische bodemparameters

### 3.5.1 Indringingsweerstand

In perceel 27 (geïntegreerd systeem) en perceel 34 (biologisch) is op 30 mei 2012 de indringingsweerstand gemeten. Bij alle drie systemen is het verschil in weerstand tussen ploegen en niet kerend in de eerste 10 cm gering (figuur 1). Vooral vanaf een diepte van 15 cm worden de verschillen duidelijker en is de weerstand in de bodem bij de niet-kerende grondbewerking groter t.o.v. waar is geploegd. In Vredepeel bevindt zich op 30 cm diepte de overgang van de bouwvoor naar schraal zand.

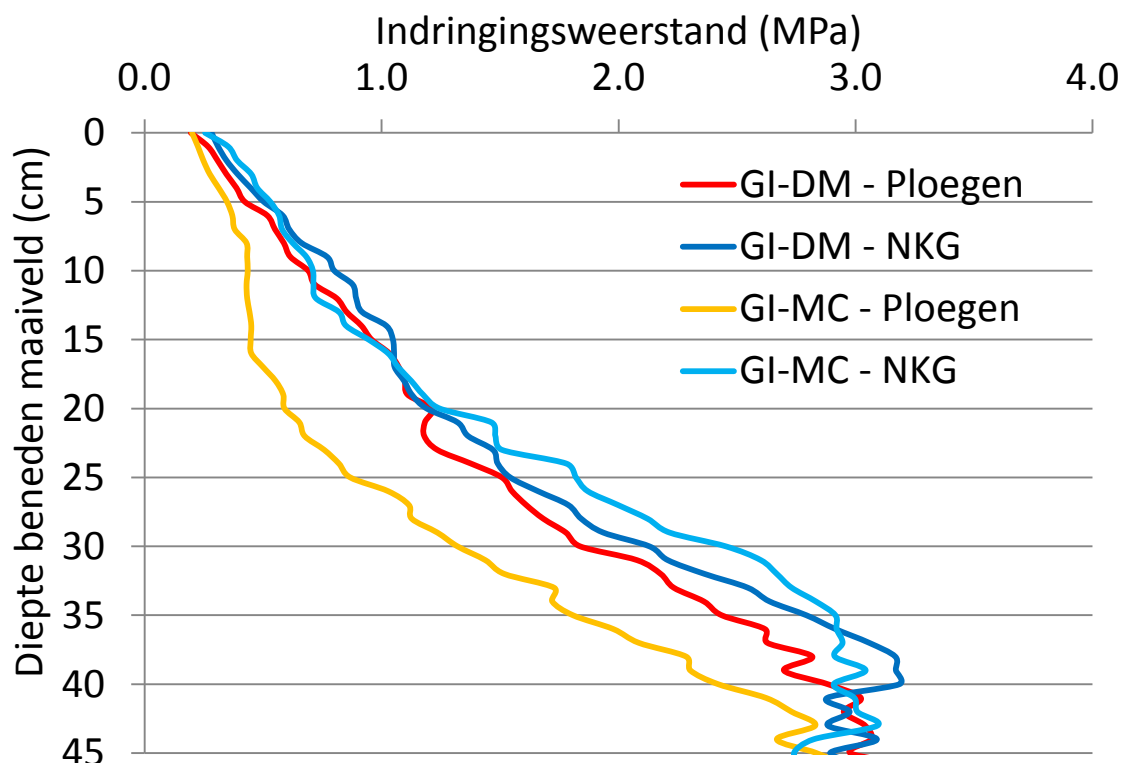
Bij een weerstand van ca. 3 MPa is beworteling volgens de vuistregels nauwelijks meer mogelijk. De gemeten waarden moeten niet al te absoluut worden gezien, omdat ze afhankelijk zijn van de vochttoestand van de grond. De indringingsweerstand van 3 mPa zit bij ploegen op een diepte van ca. 39 cm (38-41) en bij niet kerend op een diepte van gemiddeld 32 cm (31-33). Het verschil is dus gemiddeld 7 cm (range 5-10 cm).

Een belangrijk verschil tussen beide hoofdgrondbewerkingen is de bewerkingdiepte. Het verschil in indringingsweerstand op de bewerkingdiepte is gering: ploegen op 25 cm is 1.0-1.1 mPa en van de cultivator op 15 cm is 1.0-1.3 mPa. Bij de dierlijke mest variant is het verschil 0.2 mPa in het voordeel van ploegen. Bij mineralenconcentraat en het biologische systeem is er geen verschil op de bewerkingdiepte.



Figuur 1. Verskil in indringingsweerstand tussen ploeg en cultivator in perceel 27 en 34 erwit; 30 mei 2012, een week na de bloei.

In het najaar van 2012 is in het perceel prei de indringingsweerstand gemeten (figuur 2). In de biologische prei is niet gemeten. Opvallend was de lagere weerstand over de gehele bouwvoor van het object GI-MC – ploegen. De andere objecten verschilden weinig van elkaar.



Figuur 2. **Verskil in indringingsweerstand in de teelt van prei.**

### 3.5.2 Bodemtemperatuur

#### 3.5.2.1 Temperatuur geïntegreerd systeem

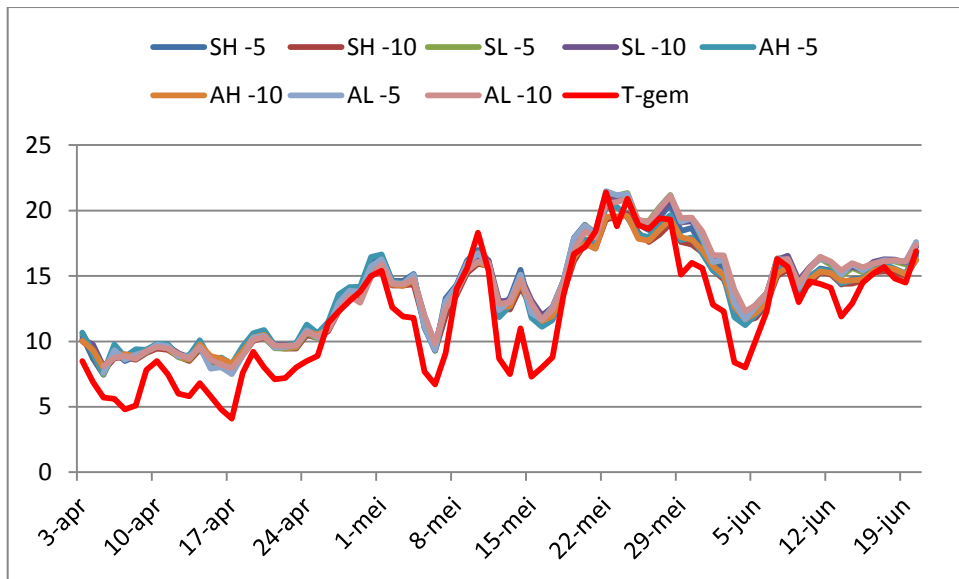
Gedurende een groot van de teelt van erwten is in perceel 27 de bodemtemperatuur op verschillende dieptes gevolgd. In figuur 3 zijn de verschillen in bodemtemperatuur tussen de objecten weergegeven. De gebruikte afkortingen staan ook onderaan de grafiek vermeld.

S=standaardgrondbewerking (ploegen); A=alternatief ofwel niet kerende grondbewerking (vaste tand cultivator); H=hoge organische stof aanvoer door toediening van dierlijke mest; L=lage organische stofaanvoer door toediening van mineralenconcentraat.

De bodemtemperatuur volgt de verandering in luchttemperatuur goed, zij het wat gedempt.

De verschillen tussen de objecten zijn in de grafiek niet goed zichtbaar en lijken niet erg groot. In figuur 4 zijn de verschillen beter af te lezen. Het maximale verschil als gevolg van de bodembewerking is 1.7°C. Niet duidelijk is wat de waarde is van 1°C verschil in bodemtemperatuur. Een continu verschil in bodemtemperatuur betekent wel een ander moment van het bereiken van een bepaalde T-som.

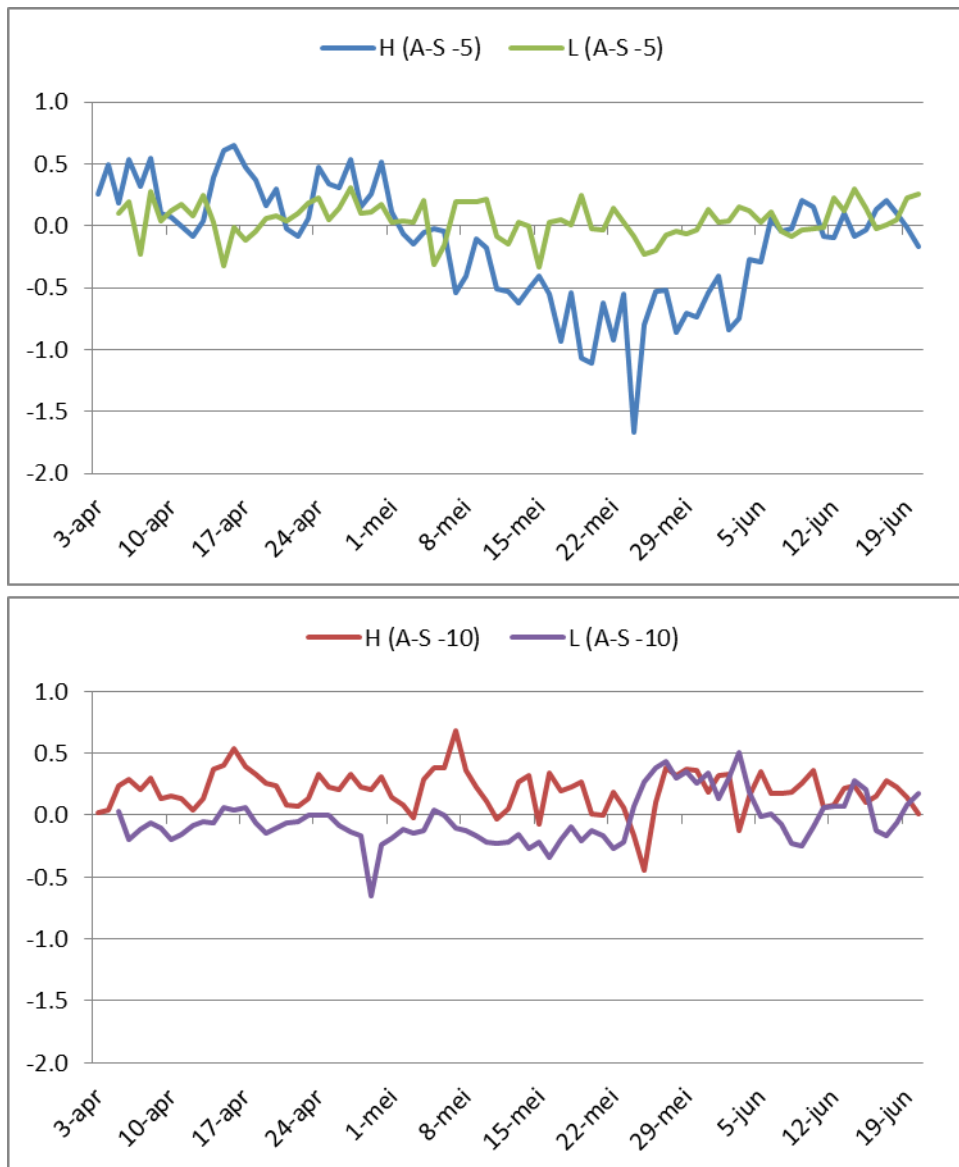




Figuur 3. Bodemtemperatuur in perceel 27 (erwt) van de verschillende objecten in °C. S=standaardgrondbewerking (ploegen); A=alternatief ofwel niet kerende grondbewerking (vaste tand cultivator); H=hoge organische stof aanvoer door toediening van dierlijke mest; L=lage organische stofaanvoer door toediening van mineralenconcentraat. De rode lijn is de gemiddelde luchttemperatuur.

Op een diepte van 5 cm beneden maaiveld is in de maand april de bodem bij de niet kerende grondbewerking (blauwe lijn; dierlijke mest) wat warmer in vergelijking met kerende grondbewerking (figuur 3). In mei is de temperatuur van de niet kerende grondbewerking echter juist gemiddeld 0.5°C lager en een periode van vier weken 0.7°C met een uitschieter tot 1.5°C. Die piek valt samen met een hoge luchttemperatuur (zie figuur 2). Vanaf 6 juni is het verschil minimaal. Bij de objecten met mineralenconcentraat (groene lijn) is het verschil gedurende de gehele periode verwaarloosbaar.

Op de diepte van 10 cm blijft het verschil tussen de hoofdgrondbewerkingen kerend en niet kerend vrijwel steeds binnen de 0.5°C. Bij een hoger organisch stofgehalte lijkt niet kerend wat warmer en bij een laag organisch stofgehalte lijkt kerend wat warmer.

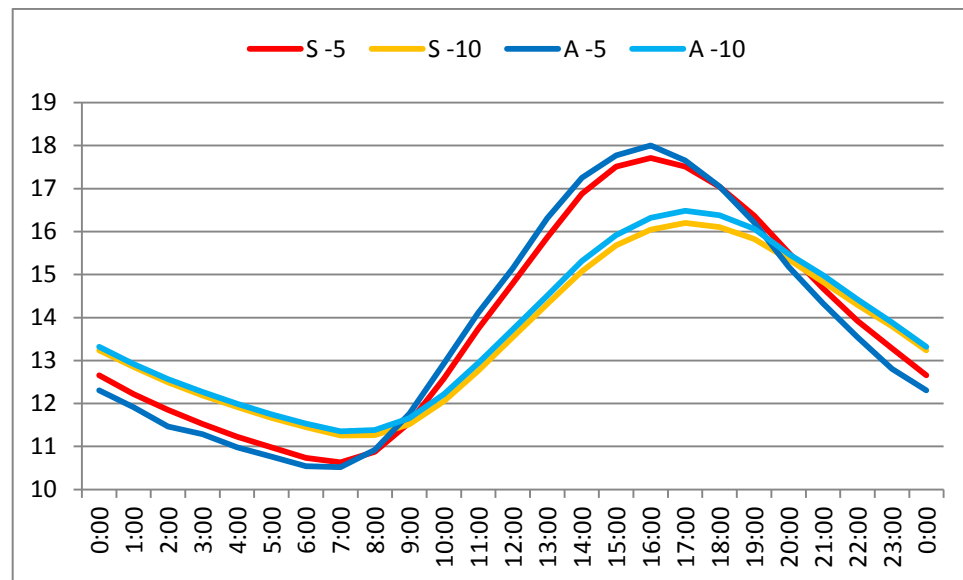


Figuur 4. **Verskil in bodemtemperatuur (°C) tussen niet kerende grondbewerking (A) en ploegen (S) bij het systeem GI-hoog (H) en GI-laag (L) op een diepte van 5 en 10 cm minus maaiveld.**

In figuur 4 is het temperatuurverloop in een etmaal weergegeven. Het betreft de gemiddelde uurtemperatuur in de meetperiode. De schommeling in temperatuur tussen dag en nacht is zoals te verwachten bij 5 cm groter dan bij 10 cm minus maaiveld. Om ca. 9.00 in de ochtend en 20.00 in de avond is de bodemtemperatuur tussen beide gemeten dieptes gelijk.

Op een diepte van 5 cm is 's-nachts de bodem bij niet kerend (A) wat kouder tot een verschil van bijna 0.5°C. Vanaf 8 uur in de ochtend tot 18.00 in de namiddag is niet kerend juist warmer. Het verschil is het grootst om 13.00 als de zon het hoogste staat.

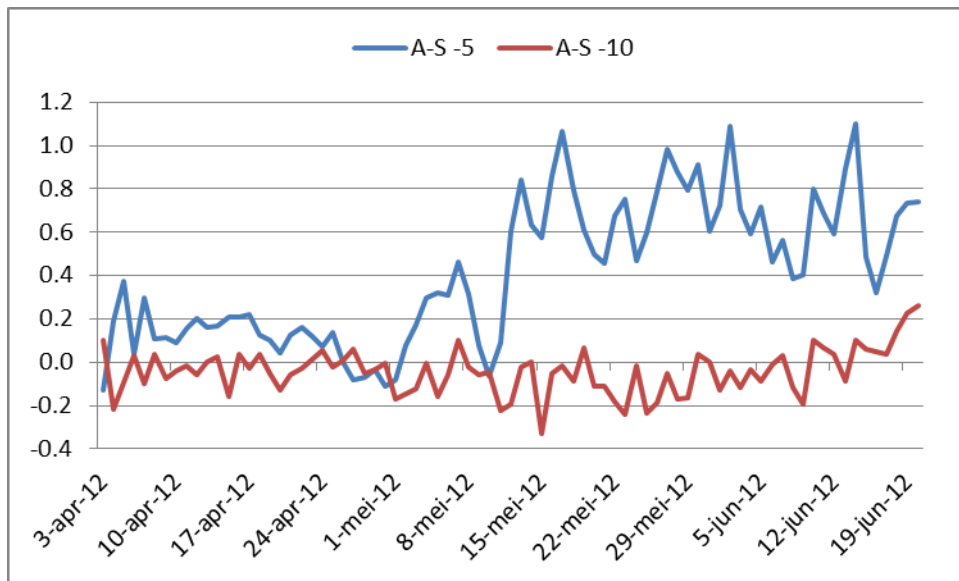
Op een bodemdiepte van 10 cm is de temperatuur van niet kerend gedurende het gehele etmaal wat hoger. Ook op deze diepte van 10 cm is het verschil overdag groter ten voordele van niet kerend en dan met name in de middag.



Figuur 5. Gemiddeld temperatuurverloop gedurende het etmaal in de periode 3 april – 19 juni 2012. S=standaardgrondbewerking (ploegen); A=alternatief ofwel niet kerende grondbewerking (vaste tand cultivator) op een diepte van 5 en 10 cm beneden maaiveld.

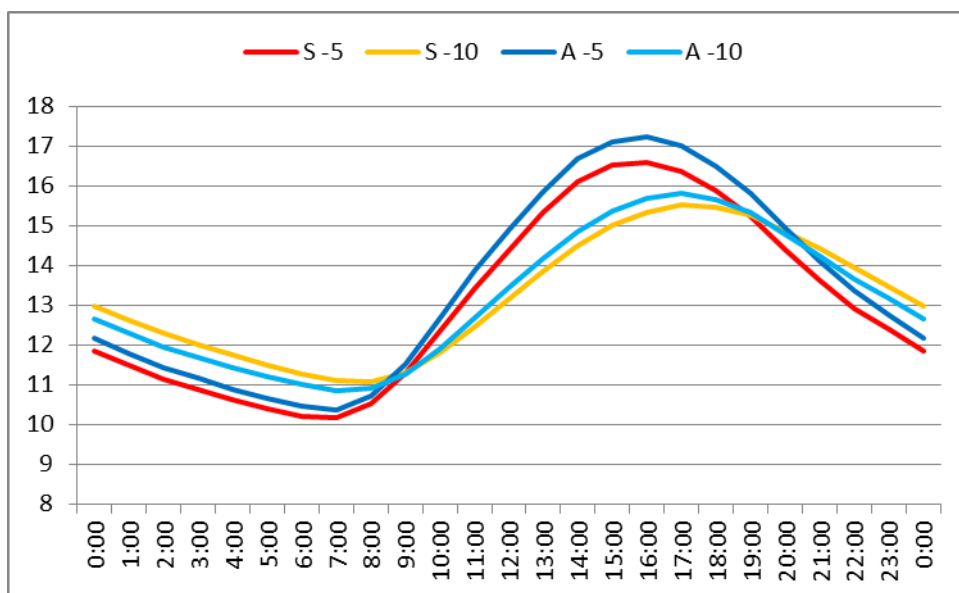
### 3.5.2.2 Temperatuur biologisch systeem

Net als bij het geïntegreerde systeem volgt de bodemtemperatuur de luchttemperatuur goed (niet weergegeven). De bodemtemperatuur op een diepte van 5 cm is bij de niet kerende grondbewerking vrijwel gedurende de gehele meetperiode hoger (figuur 5). Vanaf half mei is het verschil gemiddeld 0.7° C. In de ondergrond (- 10 cm) is het verschil tussen beide hoofdgrondbewerkingen klein.



Figuur 6. **Verskil in bodemtemperatuur (C) tussen niet kerende grondbewerking (A) en ploegen (S) bij het biologisch systeem op een diepte van 5 en 10 cm minus maaiveld.**

In figuur 6 is af te lezen dat gedurende het etmaal op een diepte van 5 cm de bodem bij niet kerend (A) steeds wat warmer is t.o.v. ploegen (S) met overdag een groter verschil. Dit komt overeen met het geïntegreerde systeem. Op een diepte van 10 cm is 's nachts niet kerend kouder, terwijl niet kerend overdag warmer is. Ofwel bij ploegen heeft de ondergrond 's nachts een hogere temperatuur en overdag een lagere temperatuur dan de niet kerende grondbewerking. Het omslagpunt ligt bij half 10 in de ochtend en half 8 in de avond.



Figuur 7. **Gemiddeld temperatuurverloop gedurende het etmaal in de periode 3 april – 19 juni 2012. S=standaardgrondbewerking (ploegen); A=alternatief ofwel niet kerende grondbewerking (vaste tand cultivator) op een diepte van 5 en 10 cm beneden maaiveld.**

### 3.5.3 Bodemvocht

In bijlage 2 staat een volledig overzicht in grafiekvorm van de verschillen in bodemvochtgehalte tussen de objecten. In deze paragraaf worden de meest interessante en opvallende verschillen genoemd.

Het vochtgehalte reageert zoals te verwachten op de neerslag. Er is veelal geen eenduidig beeld in het verschil in vochtgehalte tussen de objecten grondbewerking, organische stof aanvoer en diepte. De verschillen tussen de objecten zijn wel opvallend constant gedurende de meetperiode. De objecten zijn ruimtelijk van elkaar gescheiden met wellicht toch een relevant verschil in de bouwvoor.

In bijlage 2a zijn in de eerste kolom met grafieken de verschillen per diepte tussen de combinatie grondbewerking en organische stofaanvoer af te lezen. Op een diepte van 15 cm zijn de verschillen in vochtgehalte klein. De combinatie ploegen en mineralenconcentraat (SL) is wat vochtiger. In de diepere lagen zijn de verschillen groter en bevat hetzelfde object (SL) het meeste vocht (figuur 7).

In de derde kolom van bijlage 2a, waarbij de organische stof objecten (H:dm en L:mc) zijn gemiddeld is het duidelijkst af te lezen dat de niet kerende grondbewerking (A) steeds wat droger is in vergelijking met ploegen (S). Met name in de diepere (niet bewerkte) grondlagen (figuur 8 als voorbeeld) en niet zozeer op 15 cm diepte. Onduidelijk of dit te verklaren is.

Ook in de laatste vierde kolom van bijlage 2 zijn in de bovenste twee grafieken de verschillen tussen de standaard grondbewerking (ploegen) en de niet kerende grondbewerking (cultivator) af te lezen, waarbij een positieve waarde aangeeft dat de grond van de niet kerende grondbewerking minder vochtig is. Bij -15 geen verschil en dieper wel (figuur 9 als voorbeeld).

In de onderste twee grafieken van kolom 4 in bijlage 2 is te zien dat de grond van het object met geen organische stofaanvoer in de diepere lagen vrijwel steeds wat vochtiger is dan het object met aanvoer van dierlijke mest.

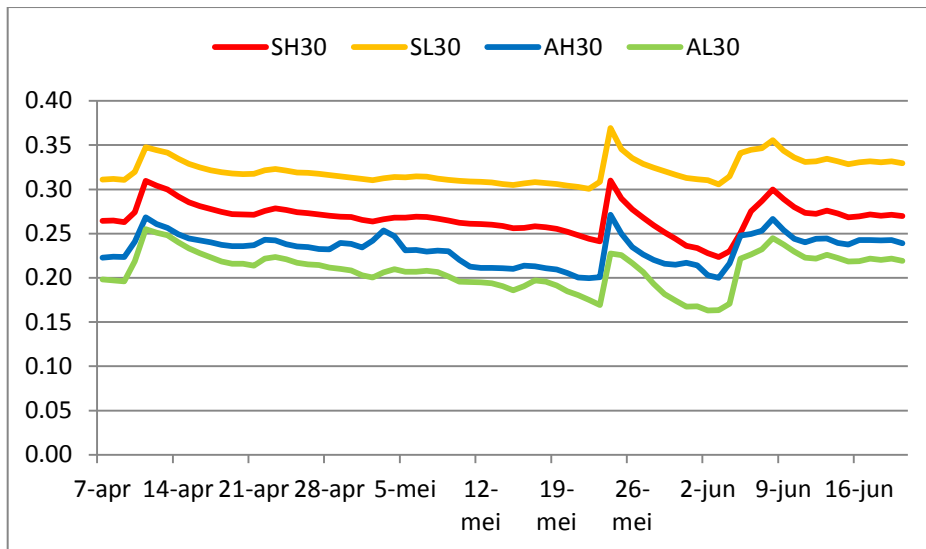
In de tweede kolom van bijlage 2a zijn per combinatie van grondbewerking en organische stofaanvoer de verschillen in de bouwvoor op 15, 30 en 40 cm diepte weergegeven. De verschillen zitten meestal binnen 0.05 punt. Per object is steeds een andere laag het minst vochtig.

Vooralsnog zijn er geen logische verklaringen voor de gevonden verschillen.

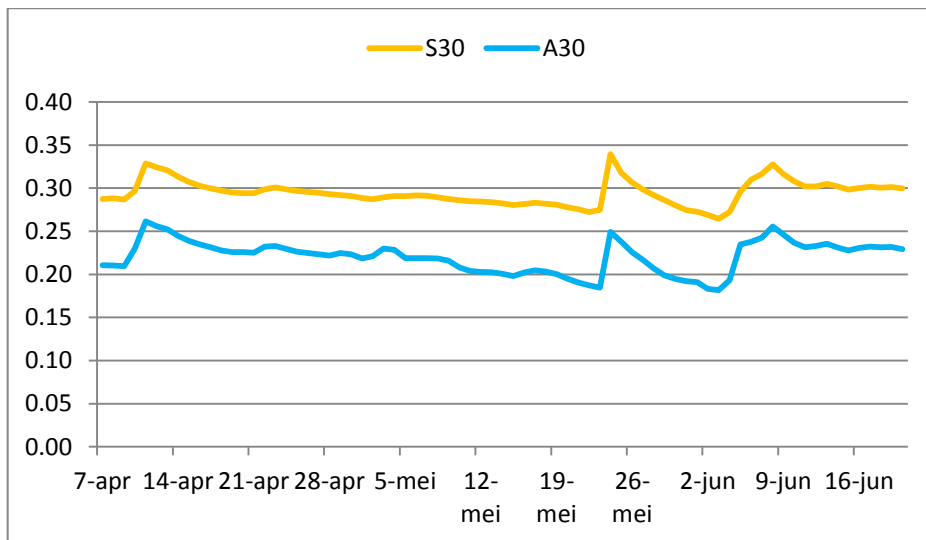
Tijdens de teelt van de prei is in de periode september tot en met december het vochtgehalte gemonitord. Helaas is bij de onkruidbestrijding de logger in perceel 18.2 b geraakt, waardoor er van het object ploegen/mineralenconcentraat geen data zijn verzameld.

De figuren in bijlage 2b hebben eenzelfde opzet als bij de erwt, behalve dat object SL (standaard grondbewerking en lage os-aanvoer) mist. In de eerste kolom is te zien dat de verschillen in de laag -15 cm klein zijn, behalve in de eerste maand september waar het object SH een opvallend lager vochtgehalte heeft. In de laag -30 zijn de verschillen tussen de objecten gering. Op 40 cm diepte is object AL (cultivator + mineralenconcentraat) vochtiger en valt op dat na de grote hoeveelheid neerslag na half december het vochtgehalte van de objecten A (cultivator) sterk stijgt en van het object SH (ploegen) vrijwel gelijk blijft. Dit zelfde beeld is ook in de grafieken van de derde kolom (gemiddelde van de organische stof niveaus) af te lezen.

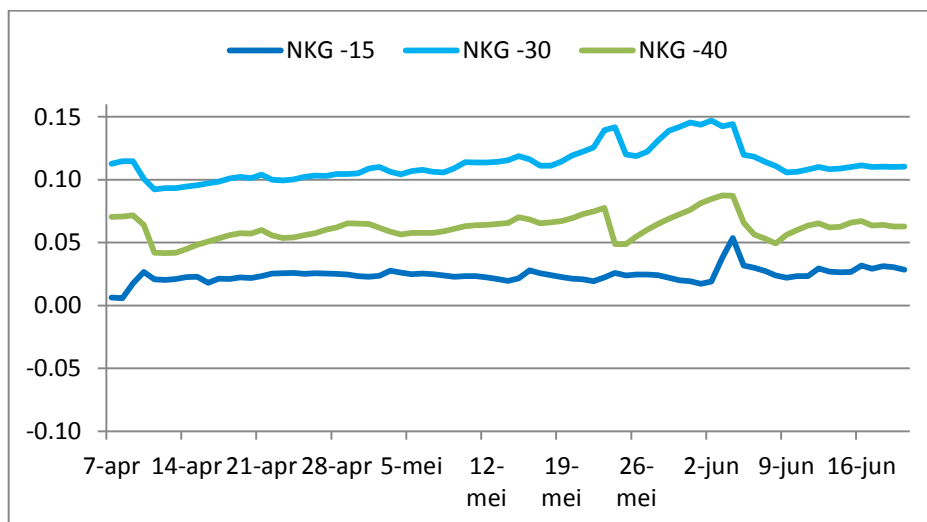
In de tweede kolom (combinatie van grondbewerking en organische stofaanvoer) is te zien dat de bodem op 40 cm diepte bij de objecten met een hogere organische stofaanvoer wat droger was. Bij het object met mineralenconcentraat was het vochtgehalte op 40 diepte gelijk aan -30 en -15.



Figuur 8. Vochtgehalte op een diepte van 30 cm. S = standaardgrondbewerking, A = niet kerende grondbewerking, H = hoge aanvoer van organische stof; L = lage aanvoer van organische stof.



Figuur 9. Vochtgehalte op een diepte van 30 cm. S = standaardgrondbewerking, A = niet kerende grondbewerking, H = hoge aanvoer van organische stof en L = lage aanvoer van organische stof zijn gemiddeld.



Figuur 10. **Verskil in vochtgehalte tussen de standaard grondbewerking (ploegen) en de niet kerende grondbewerking (cultivator) in veld 27.2 (laag os). Een positieve waarde geeft aan dat de grond van de niet kerende grondbewerking minder vochtig is.**

### 3.5.4 Bulkdichtheid en vocht karakteristiek

Perceel 27 had een gemiddelde bulkdichtheid van  $1430 \text{ kg/m}^3$  en een totaal poriënvolume van 26.4%. De data van de ringmonsters zoals gestoken in de erwten zit daarmee tussen de bodemhorizonten 3 en 4 in, respectievelijk matig humusarm, matig fijn, leemarm zand en matig humeus, matig fijn, leemarm zand. Uit: Bodemkunde (redactie Locher en Bakker, 1990) tabel 9.60a pagina 141 met standaardvocht karakteristieken van een aantal bodemhorizonten.

In tabel 18 zijn de data van de afzonderlijke objecten op 10-15 en 30-35 cm diepte weergegeven. De laag 10-15 cm varieert tussen de  $1.39$  en  $1.45 \text{ g/cm}^3$  en de diepere laag 30-35 cm bevindt zich in een range van  $1.44$  tot  $1.48$ . Figuur 4.70 op pagina 65 uit het eerder genoemde boek Bodemkunde geeft afhankelijk van het drogestofgehalte een waardering voor de dichtheid van de grond. Bij een drogestofgehalte van 3.5% wordt een bulkdichtheid tussen de ca.  $1420$  en  $1550 \text{ kg/m}^3$  gewaardeerd als 'dicht gepakt'. De gemeten lagen van 10-15 en 30-35 cm zijn respectievelijk aan te duiden als "niet-dicht gepakt" en 'dicht gepakt'.

De gemeten verschillen tussen ploegen en niet kerende grondbewerking lijken vrij klein te zijn. Evenals tussen BIO en GI. De grond bij NKG is steeds iets dichter gepakt. Verschillen zijn bij GI MC het grootst.

De bovenlaag (10-15 cm) bij de niet kerende grondbewerking (NKG) is van BIO en GI DM wat minder dicht in vergelijking met GI MC. De diepere laag 30-35 cm is van BIO wat dichter. Of dit relevante verschillen zijn is niet duidelijk.

Bij het gewichtspercentage en volumefractie water vallen de lagere waarden van NKG bij GI DM op. Ook bij BIO en GI MC heeft NKG lagere waarden, maar zijn de verschillen minder groot. Dit komt overeen met de wat dichtere pakking van NKG.

Het luchtgehalte is het hoogst bij GI DM en in de bovenste laag (10-15 cm) iets hoger (1-3%) dan in de diepere laag (30-35 cm).

De verschillen in het totale poriënvolume zijn klein met maximaal 3% ten voordele van de bovenste gemeten laag, overeenkomstig de verschillen in bulkdichtheid. Tussen de objecten zijn de verschillen minimaal.

De bodem van perceel 18 (tabel 19) is compacter dan van perceel 27 en 34 met een gemiddelde van  $1.50 \text{ g/cm}^3$ . Het gewichtspercentage en volumepercentage water zijn duidelijk hoger en volumefractie lucht duidelijk lager. Het gemiddelde poriënvolume is 2-3% lager. Daarmee mag

verwacht worden dat perceel 18 minder humus bevat dan 27 en 34. Dit geldt wel voor perceel 18.2 t.o.v. van 27 en 34.

De grond van object GI MC is wat dichter, bevat minder vocht bij pF=2 en wat meer lucht bij pF=2 dan object GI DM. De grond in de laag 30-35 is bij de NKG wat dichter en heeft dus een wat lager volumepercentage poriën dan bij ploegen. In de bovenlaag 10-15 cm is er geen verschil, hoewel de verhouding in volumefractie lucht en water wel wat anders is. Minder water en meer lucht bij ploegen in vergelijking met NKG.

Tabel 18. **Bulkdichtheid en volumefracties water en lucht bij pF2 in erwt.**

Rijlabels	Gemiddelde van droge bulkdichtheid g/cm <sup>3</sup>	Gemiddelde van Gew. % Water pF2	Gemiddelde van Vol. % Water pF2	Gemiddelde van Vol. % Lucht pF2	Gemiddelde van Poriënvolume Vol. %
<b>BIO</b>					
<b>10</b>	<b>1.39</b>	<b>13.5</b>	<b>18.8</b>	<b>27.1</b>	<b>46</b>
NKG	1.40	13.4	18.8	26.7	46
Ploegen	1.39	13.6	18.8	27.3	46
<b>30</b>	<b>1.48</b>	<b>12.7</b>	<b>18.7</b>	<b>24.1</b>	<b>43</b>
NKG	1.48	11.6	17.1	25.4	43
Ploegen	1.47	13.7	20.2	22.8	43
<b>GI DM</b>					
<b>10</b>	<b>1.39</b>	<b>12.6</b>	<b>17.6</b>	<b>28.4</b>	<b>46</b>
NKG	1.40	11.8	16.4	29.4	46
Ploegen	1.39	13.9	19.3	26.9	46
<b>30</b>	<b>1.45</b>	<b>11.3</b>	<b>16.4</b>	<b>27.2</b>	<b>44</b>
NKG	1.46	9.8	14.3	28.9	43
Ploegen	1.44	13.1	18.8	25.3	44
<b>GI MC</b>					
<b>10</b>	<b>1.42</b>	<b>13.0</b>	<b>18.5</b>	<b>26.4</b>	<b>45</b>
NKG	1.45	12.9	18.7	25.1	44
Ploegen	1.40	13.1	18.3	27.4	46
<b>30</b>	<b>1.45</b>	<b>12.6</b>	<b>18.2</b>	<b>25.5</b>	<b>44</b>
NKG	1.46	12.4	18.0	25.4	43
Ploegen	1.44	12.8	18.5	25.6	44
<b>Eindtotaal</b>	<b>1.43</b>	<b>12.6</b>	<b>18.0</b>	<b>26.4</b>	<b>44</b>



Tabel 19. **Bulkdichtheid en volume fracties water en lucht bij pF2 in prei.**

Rijlabels	Gemiddelde van droge bulkdichtheid g/cm <sup>3</sup>	Gemiddelde van Gew. % Water pF2	Gemiddelde van Vol. % Water pF2	Gemiddelde van Vol. % Lucht pF2	Gemiddelde van Poriënvolume Vol. %
<b>GI DM</b>					
<b>10</b>	<b>1.46</b>	<b>16.7</b>	<b>24.5</b>	<b>18.7</b>	<b>43</b>
NKG	1.46	17.2	25.2	17.9	43
Ploegen	1.46	16.2	23.7	19.6	43
<b>30</b>	<b>1.50</b>	<b>16.4</b>	<b>24.6</b>	<b>17.1</b>	<b>42</b>
NKG	1.53	15.7	24.1	16.6	41
Ploegen	1.47	17.1	25.1	17.7	43
<b>GI MC</b>					
<b>10</b>	<b>1.49</b>	<b>15.4</b>	<b>23.0</b>	<b>19.1</b>	<b>42</b>
NKG	1.49	15.7	23.3	18.9	42
Ploegen	1.50	15.1	22.6	19.3	42
<b>30</b>	<b>1.52</b>	<b>14.7</b>	<b>22.3</b>	<b>18.6</b>	<b>41</b>
NKG	1.55	14.1	21.9	18.1	40
Ploegen	1.50	15.2	22.8	19.1	42
<b>Eindtotaal</b>	<b>1.50</b>	<b>15.8</b>	<b>23.6</b>	<b>18.4</b>	<b>42</b>



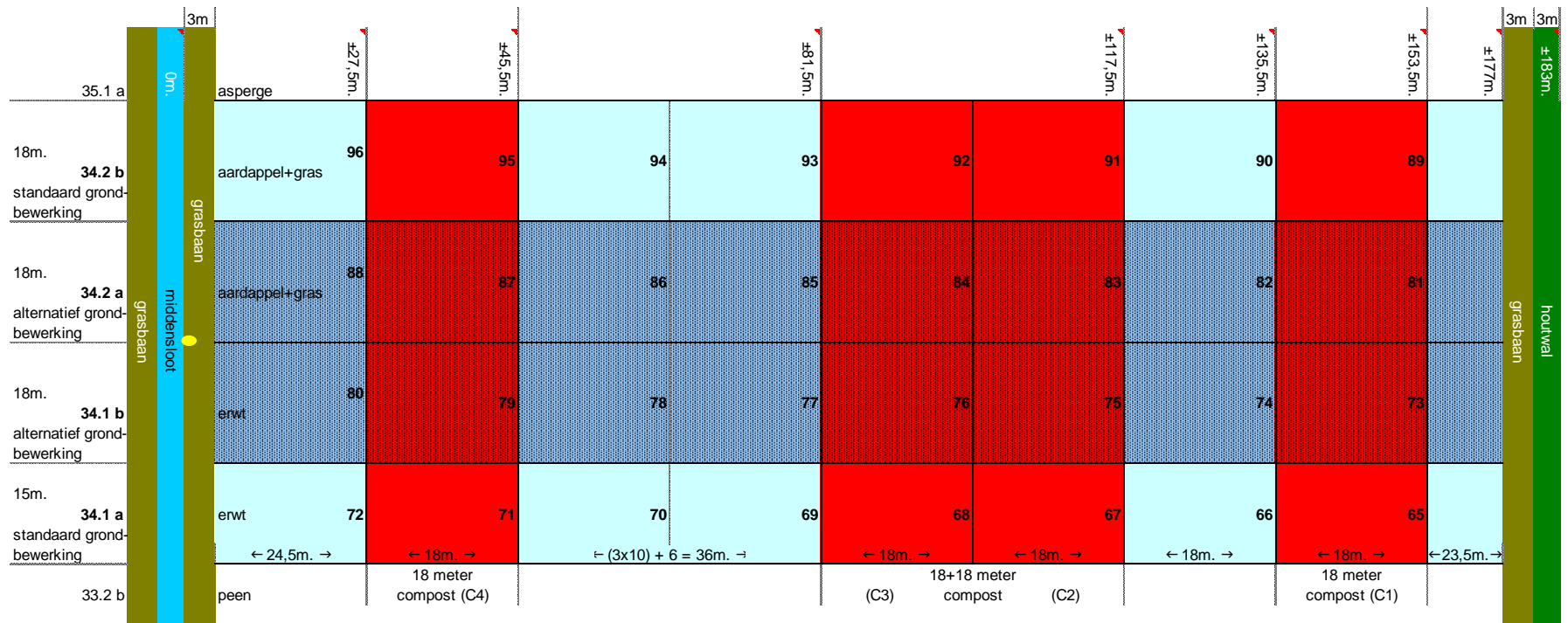
## 4 Conclusies

- Besmettingsniveau 's van plant parasitaire aaltjes zijn over het algemeen relatief laag en het gevolg van de gewasrotatie. Omdat in 2010 op de percelen verschillende gewassen zijn geteeld zijn de verschillen tussen de percelen (vaak) groter dan tussen systemen. Gemiddeld genomen zijn de besmettingsniveaus op de bio-percelen iets lager dan op de geïntegreerde percelen.
- Verschillen tussen percelen in de populatie milieuaaltjes zijn waarschijnlijk grotendeels het gevolg van de gewasrotatie (incl. groenbemesters). De verschillende organische stof strategieën lijken eveneens effect te hebben op de samenstelling van de aaltjespopulatie. Bij toenemende hoeveelheid organische mest neemt het aantal fungivore aaltjes af en bacterievore juist toe. Op basis van de samenstelling van de aaltjespopulatie zijn indices berekend. De Maturity index, Structure index en Channel index zijn in het biologische systeem lager dan in de geïntegreerde systemen. Hoogste waarden zijn gevonden voor het geïntegreerde systeem GI-hoog. De verschillen tussen de systemen zijn echter klein.
- De gewasrotatie, maai- of rooivruchten en groenbemesters, hebben een duidelijk effect op de microbiologische eigenschappen van de bodem. Voor de parameters Potentiele N en °C mineralisatie en Hot Water extractable °C zijn significante verschillen tussen percelen waargenomen. De bemestingsstrategieën binnen het geïntegreerde systeem hebben (nog) geen betrouwbaar effect van gehad op de microbiologische parameters. De geïntegreerde percelen lijken minder schimmel gedomineerd en hebben wat lagere waarden voor potentiele N en °C mineralisatie en HWC dan de biologische percelen. Wel lijkt er een trend zichtbaar. Met toenemende hoeveelheid organische stof die jaarlijks wordt aangevoerd (GI-laag: 800 kg/ha effectieve organische stof, GI-hoog: 1500 kg/ha eos en biologisch: 2750 kg/ha eos) nemen de waarden voor potentiele N en °C mineralisatie en HWC toe. De verschillen tussen percelen liggen in de orde van 10%. Dat zijn substantiële verschillen. Een behandelingseffect van 20-30% is haalbaar, maar voor akkerbouwsystemen is dat al veel (comm. Jaap Bloem).
- Voor de chemische bodemvruchtbaarheid zijn voor een aantal parameters verschillen tussen de systemen waargenomen. Het organische stofgehalte is op de biologische percelen gemiddeld het laagst, wat niet overeen komen met metingen in voorgaande jaren. Op basis van deze eenmalige meting zijn daarom geen betrouwbare conclusies trekken. De bemesting met rundveemest op de biologische percelen is naar alle waarschijnlijkheid de oorzaak van de, voor zandgronden, bijzonder hoge kalitoestand op deze percelen. De gemiddelde Pw waarden van de systemen (GI GI-laag duidelijk lager dan de andere twee systemen) liggen wel in lijn met metingen uit het verleden. De systemen hebben geen effect gehad op de zuurgraad van de grond.
- Organische stofgehalte, CEC, stikstof- en fosfaat toestand zijn in het geïntegreerde systeem GI-hoog betrouwbaar hoger dan in het geïntegreerde systeem GI-laag. Deze verschillen zijn waarschijnlijk het gevolg van de bemestingsstrategieën binnen deze systemen.
- Het verschil in indringingsweerstand tussen ploegen en niet kerend is op de bewerkingsdiepte van respectievelijk 25 en 15 cm gering. Onder de bewerkingsdiepte van de cultivator van 15 cm is de indringingsweerstand duidelijk groter.
- Er zijn kleine verschillen in bodemtemperatuur tussen de objecten vastgesteld. De waarde van deze verschillen zijn niet bekend. Gedurende een etmaal zijn de temperatuurverschillen tussen dag en nacht bij een niet kerende grondbewerking groter dan bij een kerende grondbewerking.
- De waargenomen verschillen in vochtgehalte zijn niet eenduidig.
- Er zijn waarschijnlijk geen relevante verschillen vastgesteld in bulkdichtheid, volumefracties water en lucht tussen de objecten waargenomen.

Met een groot aantal chemische, fysische en biologische waarnemingen is de uitgangssituatie op de verschillende percelen vastgelegd. Deze waarnemingen zijn een afspiegeling van de voorgeschiedenis (gewasrotatie, bemesting, grondbewerking,.....etc) Wanneer er later wederom metingen worden verricht kan worden beoordeeld wat de effecten zijn van de binnen het project onderzochte factoren (teeltsysteem, grondbewerking en composttoediening).

# Bijlage 1. Overzicht percelen Bodemkwaliteit op Zand

Biologische percelen 34.1 en 34.2



Objecten

compoststroken

compost stroken

hydranten

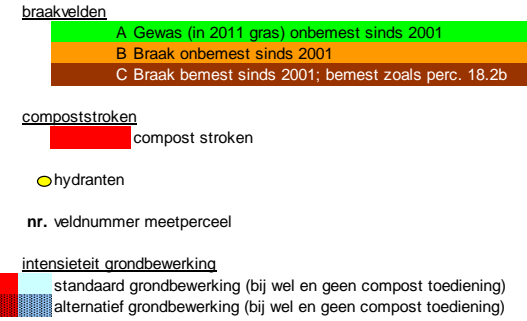
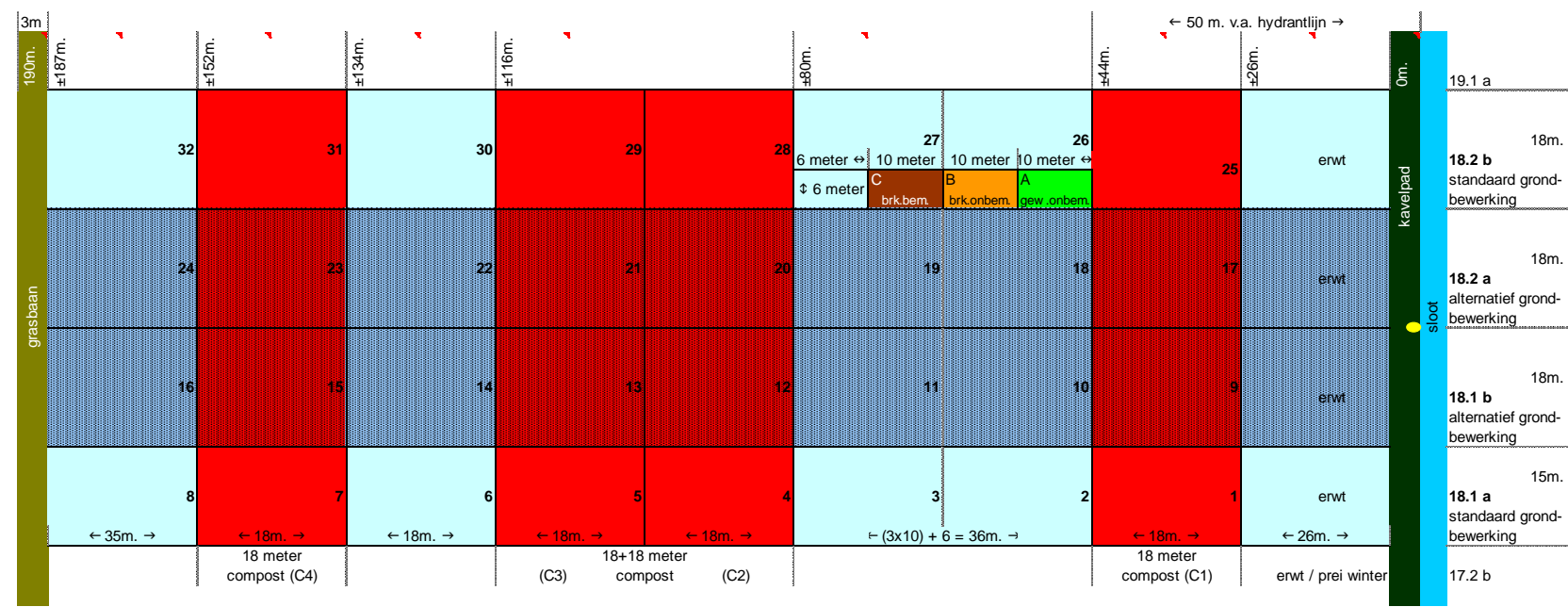
nr. veldnummer meetperceel

intensiteit grondbewerking

standaard grondbewerking (bij wel en geen compost toediening)

alternatief grondbewerking (bij wel en geen compost toediening)

Geïntegreerde percelen 18.1 en 18.2



© Praktijkonderzoek Plant & Omgeving



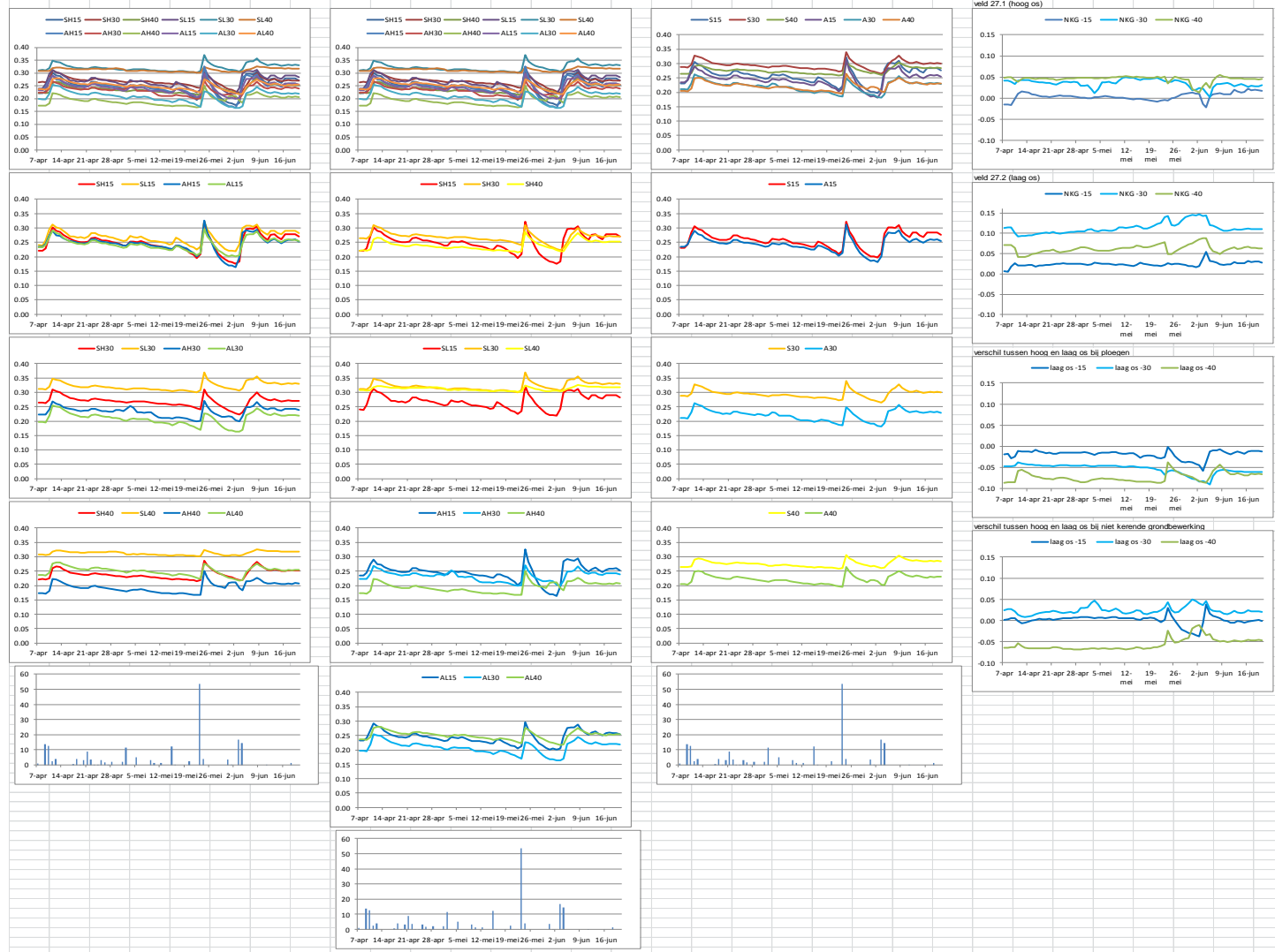




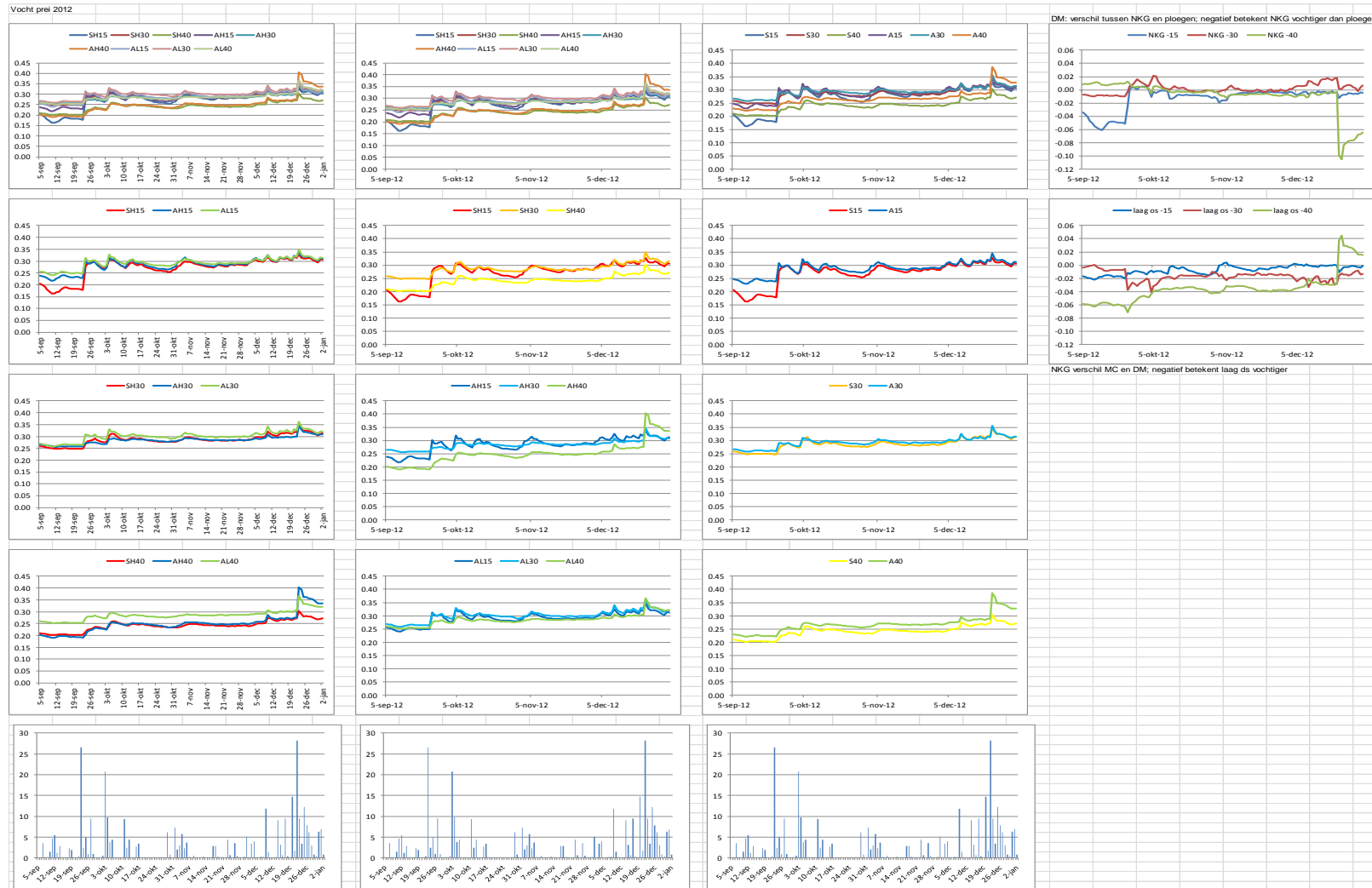
## Bijlage 2. Vochtgehalte per behandeling en diepte erwten en prei

## Bijlage 2a. Erwt

Bijlage 5. Vochtgehalte per behandeling en diepte perceel 27 erw 2012, periode april-juni 2012



## Bijlage 2b Prei





## Bijlage 3 Literatuur

### Milieuaaltjes

1. Bongers, T. 1988. De nematoden van Nederland. Stichting Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging. Uitgeverij Pirola, Schoorl.
2. Bongers, T. 1990. The Maturity Index. An ecological Measure of environmental Disturbance based on Nematode Species Composition. *Oecologia* 83:14-19.
3. s' Jacobs, J.J. en J. van Bezooijen, 1986. A manual for practical Work in Nematology. Practicumhandleiding vakgroep Nematologie. Landbouwwuniversiteit Wageningen.
4. Yeates, G. W., T. Bongers, R.M.G. de Goede, D.W. Freckman en S.S. Georgieva, 1993.
5. Feeding Habitats in Soil nematode Families and Genera. An Outline for Soil Ecologists. *Journal of Nematology* 25: 315-331.
6. Neher, 2001. Role of Nematodes in Soil Health and Their Use as Indicators. *Journal of Nematology* 33(4):161-168. 2001
7. Ferris, H. et al, 2001. A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied Soil Ecology* 18 (2001) 13-29.
8. Ferris, Bongers, 2009, Indices for Analysis of Nematode Assemblages. CAB International 2009. Nematodes as Environmental Indicators (eds M.J. Wilson and T. Kakouli-Duatre)

### Microbiologische parameters

1. Bloem, J., G. Lebbink, K.B. Zwart, L.A. Bouwman, S.L.G.E. Burgers, J.A. de Vos and P.C. de Ruiter. 1994. Dynamics of microorganisms, microbivores and nitrogen mineralisation in winter wheat fields under conventional and integrated management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. **51**, 129-143.
2. Bloem, J., P.R. Bolhuis, M.R. Veninga and J. Wieringa. 1995a. Microscopic methods for counting bacteria and fungi in soil. In "Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry" (K. Alef and P. Nannipieri, editors), pp. 162-173. Academic Press, London.
3. Bloem, J., M. Veninga and J. Shepherd. 1995b. Fully automatic determination of soil bacterium numbers, cell volumes and frequencies of dividing cells by confocal laser scanning microscopy and image analysis. *Applied and Environmental Microbiology* 61, 926-936.

4. Bloem, J., and A. Vos. 2004. Fluorescent staining of microbes for total direct counts. In "Molecular Microbial Ecology Manual", 2nd edition, (Kowalchuk, G.A., De Bruijn, F.J., Head, I.M., Akkermans, A.D.L. and Van Elsas, J.D., editors), pp. 861-874. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
5. Bouwman, L.A., J. Bloem, P.H.J.F. van den Boogert, F. Bremer, G.H.J. Hoenderboom and P.C. de Ruiter. 1994. Short-term and long-term effects of bacterivorous nematodes and nematophagous fungi on carbon and nitrogen mineralization in microcosms. *Biology and Fertility of Soils* 17, 249-256.
6. Canali, S., Benedetti, A., 2006. Soil nitrogen mineralization. In: Bloem J., Hopkins, D.W., Benedetti, A. (Eds), *Microbiological Methods for Assessing Soil Quality*, pp. 23-49. CABI, Wallingford, UK, pp. 127-135.
7. Ghani A, Dexter M, Perrott KW. 2003. Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation. *Soil Biology and Biochemistry* 35, 1231–1243.
8. Keeney, D. R., and Nelson, D. W. 1982. Nitrogen-inorganic forms. In "Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties" (A. L. Page, R. H. Miller, and D. R. Keeney, Eds.), pp. 643–698. American Society of Agronomy, Madison, WI.